



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Modelización matemática para determinar la
contaminación orgánica del río Chambo, provincia de
Chimborazo – Ecuador**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Jaime Giovanni BÉJAR SUÁREZ

ASESOR

Dr. Francisco Alejandro ALCÁNTARA BOZA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Béjar, J. (2019). *Modelización matemática para determinar la contaminación orgánica del río Chambo, provincia de Chimborazo – Ecuador*. Tesis para optar grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: 0000-0002-0444-2565

CODIGO ORCID DEL ASESOR: 0000-0001-9127-4450

DNI: 0601874191

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: NO TIENE

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se ubica en la Panamericana Sur, Km. 1 ½ Riobamba-Ecuador, localizada en las coordenadas 1°39'29"S 78°40'35"O

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ:

Setiembre 2017 hasta Agosto 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintiún días del mes de agosto del 2019, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 611/UPG-FIGMMG/2019 del 14 de agosto del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«MODELIZACIÓN MATEMÁTICA PARA DETERMINAR LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DEL RÍO CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO - ECUADOR»

Que, presenta el Mg. **JAIME GIOVANNY BÉJAR SUÁREZ**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N.º 07239-FIGMMG-2016 del 29 de setiembre del 2016, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría y Doctorado».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

.....*Muy bueno (18)*.....

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES** al Mg. **JAIME GIOVANNY BÉJAR SUÁREZ**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico


DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Presidente


DR. CARLOS AUGUSTO ANTONIO CARBONEL HUAMÁN
Secretario


DR. JUAN JULIO ORDÓÑEZ GALVEZ
Miembro


DR. FRANCISCO ALEJANDRO ALCÁNTARA BOZA
Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, en particular a mi esposa Mayri, y a mis hijos David y Brayan, por la comprensión brindada.

Dedico también esta investigación a los jóvenes anhelantes de conocimientos quienes, en algunos casos, necesitan de ideas iniciales para proseguir con nuevas investigaciones en beneficio del progreso humano.

AGRADECIMIENTO

Extiendo mi agradecimiento a mis profesores peruanos por su capacitación impartida en los diferentes cursos del Doctorado en Ciencias Ambientales de la Escuela de Post Grado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Un especial agradecimiento a quien han contribuido más directa y activamente en la culminación de este trabajo: Dr. Alejandro Alcántara, Dr. Benito Mendoza, Dr. Jenner Baquero y Dr. Roberto Erazo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación Problemática	2
1.2. Formulación del Problema	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problema específico.....	5
1.3. Justificación teórica.....	6
1.4. Justificación práctica	7
1.5. Objetivos	8
1.5.1. Objetivo general.....	8
1.5.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Marco filosófico	9
2.2. Antecedentes de investigación	10
2.3. Bases Teóricas.....	16
2.3.1. Descripción de la zona de estudio	16
2.3.2. Contaminación orgánica	25
2.3.3. Modelización matemática.....	30
2.3.4. Modelo matemático	31
2.3.5. Modelización matemática en corrientes de aguas.....	32
2.4. Marco Conceptual o Glosario	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	37
3.1. Caracterización geomorfológica de la subcuenca	41
3.1.1. Parámetros de forma.....	42
3.1.2. Parámetros de relieve.....	43
3.1.3. Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	43
3.2. Análisis hidrológico de la subcuenca	44
3.2.1. Establecimiento de batimetría y caudal	44
3.3. Modelización matemática para determinar la contaminación orgánica del río Chambo, Provincia de Chimborazo - Ecuador.....	45
3.3.1. Identificación.....	45

3.3.2. Suposiciones.....	46
3.3.3. Construcción.	47
3.3.4. Integración de parámetros en el ICOMO.....	58
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	63
4.2. Pruebas de hipótesis	68
4.3. Presentación de resultados.....	74
4.3.1. Validación de la modelización matemática para DBO ₅ , coliformes totales y oxígeno disuelto en los tramos de estudio	74
4.3.2. Validación de la modelización matemática para DBO ₅ , coliformes totales y oxígeno en el río Chambo.	90
4.3.3. Valores experimentales y teóricos del ICOMO y de los niveles de contaminación orgánica.....	106
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
ANEXO 1: CERTIFICACIÓN DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO	125
ANEXO 2: INFORMES DE LABORATORIO.....	128
ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DEL RÍO CHAMBO Y SUS PRINCIPALES CARGAS CONTAMINANTES	206
ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA	211

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.....	18
CUADRO 2. CRITERIOS SOBRE EL ÍNDICE ICOMO.....	29
CUADRO 3. RANGOS DE APLICABILIDAD DE FÓRMULAS PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y VELOCIDADES DE CORRIENTES DE AGUA.	35
CUADRO 4. VALORES DE LOS ICOMO EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS.....	68
CUADRO 5. CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE VALORES EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS.....	72
CUADRO 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL RÍO CHIBUNGA.	75
CUADRO 7. VALORES EXPERIMENTALES DE OD, TEMPERATURA DEL AGUA, PRESIÓN ATMOSFÉRICA, DBO ₅ Y COLIFORMES TOTALES EN EL RÍO CHIBUNGA.	76
CUADRO 8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.....	77
CUADRO 9. VALORES EXPERIMENTALES DE OD, DBO ₅ Y COLIFORMES TOTALES EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.	78
CUADRO 10. PARÁMETROS DE INGRESO PARA LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN EL TRAMO DEL RÍO CHIBUNGA.....	81
CUADRO 11. VALORES TEÓRICOS DE DBO ₅ , COLIFORMES TOTALES, Y OD EN EL TRAMO DEL RÍO CHIBUNGA.	82
CUADRO 12. PARÁMETROS DE INGRESO PARA LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.	85
CUADRO 13. VALORES TEÓRICOS DE DBO ₅ , COLIFORMES TOTALES, Y OD EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.....	87
CUADRO 14. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL RÍO CHAMBO.	92
CUADRO 15. PARÁMETROS DE INGRESO PARA LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN EL RÍO CHAMBO.....	96
CUADRO 16. VALORES TEÓRICOS DE DBO ₅ , COLIFORMES TOTALES, Y OD EN EL RÍO CHAMBO.....	98
CUADRO 17. VALORES EXPERIMENTALES DE DBO ₅ , OD Y COLIFORMES TOTALES EN PUNTOS DE CONTROL DEL RÍO CHAMBO.	100
CUADRO 18. VALORES EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS DEL ICOMO Y DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA EN EL TRAMO DEL RÍO CHIBUNGA.	107

CUADRO 19. VALORES EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS DEL ICOMO Y DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.	108
CUADRO 20. VALORES EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS DEL ICOMO Y DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA EN EL RÍO CHAMBO.	111

LISTA DE FIGURAS

<i>FIGURA 1. SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	17
<i>FIGURA 2. PENDIENTE MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	19
<i>FIGURA 3. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	20
<i>FIGURA 4. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN UN PERIODO DE 24 AÑOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	21
<i>FIGURA 5. PRECIPITACIÓN MEDIA EN TRES PERIODOS DE 8 AÑOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	22
<i>FIGURA 6. TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA EN 24 AÑOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	22
<i>FIGURA 7. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN UN PERIODO DE 24 AÑOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	23
<i>FIGURA 8. TENDENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA EN 24 AÑOS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO.</i>	24
<i>FIGURA 9. CURVA DEL ÍNDICE PARA LA DBO₅</i>	27
<i>FIGURA 10. CURVA DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA COLIFORMES TOTALES</i>	27
<i>FIGURA 11. CURVA DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA EL OXÍGENO DISUELTO</i>	28
<i>FIGURA 12. TASA DE REAIREACIÓN EN D⁻¹ EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y PROFUNDIDAD.</i>	35
<i>FIGURA 13. FLUJOGRAMA DE LA MODELIZACIÓN.</i>	38
<i>FIGURA 14. ESQUEMA DE INVESTIGACIÓN PROPUESTO.</i>	39
<i>FIGURA 15. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UNA DESCARGA SOBRE EL RÍO CHAMBO.</i>	46
<i>FIGURA 16. ELEMENTO DE VOLUMEN DEL RÍO.</i>	47
<i>FIGURA 17. CONDICIÓN INICIAL DE LA CONCENTRACIÓN.</i>	48
<i>FIGURA 18. DETERMINACIÓN DE C₀ EN EL PUNTO DE DESCARGA.</i>	49
<i>FIGURA 19. CONCENTRACIÓN DEL CONTAMINANTE A LO LARGO DEL RÍO.</i>	51
<i>FIGURA 20. DETERMINACIÓN DE C_{OD 0} EN EL PUNTO DE DESCARGA.</i>	57
<i>FIGURA 21. GRÁFICA DE PROBABILIDAD DE RESIDUOS PARA PROBAR EL SUPUESTO DE NORMALIDAD.</i>	71
<i>FIGURA 22. TRAMOS DE ESTUDIO PARA VALIDACIÓN DEL ICOMO.</i>	74
<i>FIGURA 23. COMPORTAMIENTO DEL OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO CHIBUNGA.</i>	77
<i>FIGURA 24. COMPORTAMIENTO DEL OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.</i>	80
<i>FIGURA 25. COMPORTAMIENTO DEL OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C)</i>	

EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO CHIBUNGA.	83
FIGURA 26. COMPARACIÓN ENTRE VALORES TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES PARA OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN EL TRAMO DEL RÍO CHIBUNGA.	84
FIGURA 27. COMPORTAMIENTO DEL OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.	89
FIGURA 28. COMPARACIÓN ENTRE VALORES EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS PARA OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN EL TRAMO DEL RÍO CHAMBO.	90
FIGURA 29. PUNTOS DE MUESTREO EN EL RÍO CHAMBO	91
FIGURA 30. COMPARACIÓN ENTRE VALORES TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES DE OD (A), DBO₅ (B) Y COLIFORMES TOTALES (C) EN EL RÍO CHAMBO.	102
FIGURA 31. COMPORTAMIENTO DE LA DBO₅ (MG/L) TEÓRICA Y EXPERIMENTAL RESPECTO A LA DISTANCIA EN EL RÍO CHAMBO.	103
FIGURA 32. COMPORTAMIENTO DE LAS COLIFORMES TOTALES (UFC/100ML) MEDIDAS Y CALCULADAS TEÓRICAMENTE EN EL RÍO CHAMBO.	104
FIGURA 33. COMPORTAMIENTO DEL OD (MG/L) EXPERIMENTAL Y TEÓRICO EN EL RÍO CHAMBO.	105
FIGURA 34. COMPORTAMIENTO DE DBO₅ RESPECTO AL OD A LO LARGO DEL RÍO CHAMBO.	106
FIGURA 35. COMPARACIÓN ENTRE VALORES DE ICOMO TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES EN EL TRAMO RÍO CHIBUNGA.	108
FIGURA 36. COMPARACIÓN ENTRE VALORES DE ICOMO TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES EN EL TRAMO RÍO CHAMBO.	110
FIGURA 37. COMPARACIÓN ENTRE VALORES DE ICOMO TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES DEL RÍO CHAMBO.	113
FIGURA 38. RÍO CHAMBO ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO CHIBUNGA.	207
FIGURA 39. RÍO CHIBUNGA ANTES DE LA DESEBOCADURA EN EL RÍO CHAMBO.	207
FIGURA 40. TOMA DE MUESTRA DE AGUA EN EL RÍO CHIBUNGA.	208
FIGURA 41. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.	208
FIGURA 42. DESCARGA DIRECTA DE AGUAS SERVIDAS DE RIOBAMBA AL RÍO CHAMBO	209
FIGURA 43. RÍO CHAMBO LUEGO DE RECIBIR LAS AGUAS DEL RÍO CHIBUNGA Y DE LA DESCARGA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, BAJO EL PUENTE CHAMBO- RIOBAMBA.	209
FIGURA 44. PEQUEÑOS AFLUENTES CONTAMINADOS QUE SE VAN DESCARGANDO A LO LARGO DEL RÍO CHAMBO.	210

RESUMEN

El problema de la contaminación de las aguas es uno de los grandes desafíos para la humanidad. El río Chambo localizado en la Provincia de Chimborazo-Ecuador no es la excepción, por lo que la presente tesis se propone desarrollar una modelización matemática como nueva estrategia encaminada a explicar el comportamiento de la contaminación orgánica del río Chambo, el cual recibe las descargas de material orgánico proveniente de algunas poblaciones, siendo la mayor el de la ciudad de Riobamba. En este estudio se determina, bajo régimen permanente, el nivel de contaminación orgánica del río a lo largo de su recorrido mediante el índice de contaminación orgánica *ICOMO*. Como metodología se ha seguido las etapas de la modelización sugeridas por Dreyer. Como resultado se ha encontrado que el nivel de contaminación del río Chambo puede ser hallado mediante una función trascendente que depende del punto de estudio y de parámetros de cada una de las descargas al río. Se ha demostrado que a un nivel de confianza del 95% los valores teóricos generados mediante la modelización son estadísticamente iguales a los valores experimentales, con lo cual se concluye que el modelo matemático obtenido constituye una herramienta para obtener información del nivel de contaminación orgánica del río Chambo.

Esta investigación es un aporte importante para autoridades involucradas con la gestión ambiental, pues les permite obtener información acerca del nivel de contaminación del río Chambo en el Ecuador sin tener que recurrir a muchas mediciones de parámetros contaminantes.

Palabras clave: Modelización, contaminación orgánica, *ICOMO*, río Chambo.

ABSTRACT

The pollution in water is one of the big challenges for humanity. Chambo River located in the Chimborazo province, Ecuador, is not the exception, therefore this thesis aims to develop a mathematical model as new strategy aimed at explaining the behavior of organic pollution of the Chambo River, which receives organic material discharges coming from different towns, and Riobamba as the biggest one. This work determines organic pollution levels along the River using the *ICOMO* (organics contamination) under permanent regime. As a methodology, the stages of modeling suggested by Dreyer and Borrero Ferri have been followed. As a result, it has been found that the pollution level of the Chambo River can be found through a transcendental function depending on the point of study and the parameters of each of discharges to Chambo River. It has been shown that at a level of confidence of 95% the values generated by the model obtained are statistically equal to the experimental values, it concludes that the mathematical model obtained is a tool to obtain approximate space/time information on the level of pollution of the Chambo River.

This research is an important contribution for authorities involved with environmental management, consequently it allows them to obtain information on the level of contamination of the Chambo River in Ecuador, without having to resort to many measurements of contaminating parameters.

Keywords: Modeling, organic contamination, *ICOMO*, Chambo River.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La presente tesis está constituida por cinco capítulos. El primer capítulo resalta la importancia de reconocer y afrontar el tema de la contaminación orgánica de los ríos, en particular la del río Chambo, el cual va de Sur a Norte de la Provincia de Chimborazo, recogiendo la descarga directa de aguas servidas de la ciudad de Riobamba y la de varios ríos de la denominada subcuenca del Chambo en los cuales, a su vez, descargan las aguas servidas varias poblaciones como son Guamote, Guano, etc. Asimismo, se resalta la importancia de encontrar alguna herramienta matemática que permita determinar el nivel de contaminación orgánica de este río.

El capítulo II, constituido por el marco teórico, la investigación se la ubica, por su naturaleza, dentro de un campo específico de la ciencia. Luego, se exponen los principales antecedentes existentes, especialmente los que se refieren con los índices de contaminación del agua y los modelos matemáticos. Además, se exponen los conceptos vigentes en lo que se refiere a la contaminación orgánica, el índice de contaminación *ICOMO* y su relación con la calidad del agua y la modelización matemática.

En el capítulo III se expone la metodología seguida en esta investigación para realizar la modelización matemática, que en esencia es la sugerida por Dreyer (1993). Además, se identifica el tipo de investigación: aplicada y correlacional, y en cuanto al diseño como experimental.

En el capítulo IV constan los resultados obtenidos, los cuales se resumen en los siguientes: descripción del sistema hidrográfico de la zona de estudio, aplicación de la modelización bajo régimen permanente en dos tramos de estudio para su validación y luego su aplicación a la extensión de 102 931 m del río Chambo, desde el primer punto de muestreo en el límite con el Parque Nacional Sangay hasta el punto final antes de la confluencia con el río Patate.

Finalmente, se desarrolla la discusión de resultados en donde, se hace un análisis comparativo de los datos experimentales medidos en el campo y en el laboratorio, respecto a los datos obtenidos de la modelización matemática.

1.1. Situación Problemática

La contaminación del agua es un problema relacionado con el crecimiento de la población y diversas actividades del hombre, junto a procesos naturales. Pero las principales causas de la contaminación del agua son los grandes asentamientos humanos y las actividades industriales y agrícolas (United Nations, 2011).

Un ejemplo ilustrativo de la situación anterior es el de la industria a nivel mundial, esta es responsable del vertido de aproximadamente 300 a 400 millones de toneladas de metales pesados, disolventes, lodos tóxicos y otros residuos en las aguas cada año (United Nations, 2011).

Por otro lado, el Programa de Monitoreo Conjunto de la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia para el suministro de agua y saneamiento, determinan que más del 80 por ciento de las aguas residuales de los países en desarrollo se descargan directamente en las masas de agua (World Health Organization, 2008).

En Latinoamérica, las descargas de aguas residuales urbanas están aumentando debido a: 1) el crecimiento de la población, pues la población urbana ha aumentado de 314 millones en 1990 a casi 496 millones en la actualidad, y se prevé que llegará a 674 millones para el año 2050 (United Nations, 2014); y 2) expansión del agua Suministro y saneamiento. En la mayor parte de la región, las aguas residuales urbanas son una preocupación (Connor et al., 2017).

Asimismo, se ha logrado determinar que el 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar, y que, como consecuencia, muchos

ecosistemas críticos, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interfase entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación (Escobar, 2002).

En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal (Arcos Pulido, Ávila de Navia, Estupiñán Torres, & Gómez Prieto, 2005).

El área de estudio en esta investigación comprende la longitud de 102 931 m del río Chambo medidos desde donde termina el Parque Nacional Sangay hasta la quebrada Guilles, en la Provincia de Chimborazo – Ecuador. En su recorrido, este río es alimentado por varios afluentes importantes como son los ríos: Guamote, Guano, Alao, Chibunga, Sicalpa, Blanco y Guarguallá (Mendoza, 2015). A lo largo del recorrido del río Chambo, recibe las descargas de desechos orgánicos de varias poblaciones como son la de Guamote a través del río Guamote en el tramo Guamote – Cebadas, también del principal centro urbano de la provincia que es la ciudad de Riobamba que al censo del 2010 cuenta con una población de 225 741 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017). Esta ciudad descarga sus desechos orgánicos al Río Chibunga, que es un afluente del río Chambo, y también existe una significativa descarga directa de Riobamba al río Chambo. Además, otra descarga importante es la de la ciudad de Guano cuya materia orgánica se vierten al río Guano, el cual es también un afluente del río Chambo.

De ahí que el monitoreo y el reporte del grado de contaminación del agua, en particular de los ríos, sea de gran importancia para lograr la elaboración de estrategias y políticas ambientales. En otras palabras, si no se logra medir el grado de contaminación, no se puede definir el problema de la contaminación y consecuentemente la eficacia de políticas ambientales no pueden ser implementadas (Lamizana-Diallo et al., 2017).

Lamentablemente las metodologías que se utilizan en Ecuador y en la región para determinar la contaminación orgánica de los ríos se limitan

esencialmente a encontrar los principales parámetros que determinan la magnitud contaminante de aguas: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (*DBO*), la Demanda Química de Oxígeno (*DQO*) y el Oxígeno Disuelto (*OD*) y coliformes (Muñoz Nava et al., 2012), (Mego, Pilco, Chavez, Leiva, & Oliva Cruz, 2014).

Desde luego, el determinar los parámetros antes mencionados para la contaminación orgánica del río Chambo es útil para las instituciones u organismos vinculados con el medio ambiente. No obstante, se requiere crear nuevas herramientas encaminadas a alcanzar los siguientes objetivos:

- 1) Integrar en un solo índice, los parámetros más comúnmente usados para medir la contaminación orgánica: *DBO*₅, *OD* y coliformes, con el fin de recoger, en conjunto, efectos distintos de la contaminación orgánica, en ausencia de correlaciones entre dichos parámetros (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997).
- 2) Conocer el nivel de contaminación en cualquier punto de la trayectoria del río; es decir, el nivel de esta investigación alcanza hasta la determinación teórica del nivel de contaminación del río Chambo en base al establecimiento de un índice integrador que mida la contaminación en términos de la coordenada espacial *x*.

El encontrar alguna herramienta matemática que tenga los alcances citados, reducirán enormemente los costos de monitoreo, enmarcándose a las aspiraciones de las Naciones Unidas de que sea económicamente asequible y desplegada para que la calidad del agua pueda ser medida en tiempo real (United Nations, 2011). También se constituirá en una herramienta valiosa para los gestores ambientales e instituciones gubernamentales tales como municipios y Consejos Provinciales, pues las personas involucradas en este tema pueden obtener información aproximada en tiempo real sobre los niveles de contaminación orgánica y con ello poder tomar decisiones oportunas, con la consecuente optimización de recursos.

La contribución práctica de este trabajo es evidente por lo antes mencionado, pero en el aspecto científico la parte innovadora de la tesis, no consiste en aplicar el *ICOMO*, ya que este se puede llegar a obtener por mediciones directas de los tres parámetros en cada puntos de muestreo. La innovación radica en modelar cómo cambia en su recorrido el nivel de contaminación del río, únicamente con mediciones de ingreso de los datos de los diferentes afluentes/descargas. Esto permite realizar una determinación del *ICOMO*, sin tener que invertir recursos y tiempo midiendo en forma experimental el *ICOMO* en diferentes puntos del río. Iguales criterios se aplican para la *DBO₅*, coliformes totales y oxígeno disuelto.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿La modelación matemática del índice *ICOMO* permitirá determinar el nivel de contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo – Ecuador?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera se integran en el índice *ICOMO* los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (*DBO₅*), coliformes totales y el oxígeno disuelto?
2. ¿Cuál es la valoración de la contaminación orgánica en el Río Chambo predicha por la modelización matemática?

1.3. Justificación teórica

En los últimos cuarenta años se han realizado grandes conferencias mundiales sobre el agua, empezando por la primera conferencia mundial celebrada en la ciudad de Mar del Plata - Argentina y organizada por Naciones Unidas, donde se ha situado al agua dentro de la agenda política internacional. Sin embargo, hoy en día nos encontramos con la situación de que todos los esfuerzos a nivel mundial no han sido lo suficientes. Es más, los datos a nivel mundial indican que el problema se ha empeorado (Connor et al., 2017).

El problema del empeoramiento del agua se centra en la cantidad de agua disponible, así como en la calidad de esta. Incluso donde hay fuentes de agua, muchas de ellas están contaminadas. Las fuentes más frecuentes de contaminación son los residuos humanos, residuos industriales y los abonos y productos agrícolas.

Esta investigación reconociendo, por un lado, el problema existente del agua particularmente el de la contaminación orgánica, y por otro, reconociendo que el agua es un elemento esencial en la vida diaria de todos, aborda el problema construyendo una herramienta que permita explicar y medir el nivel de contaminación en el río Chambo, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

La importancia de contar con esta herramienta, la cual conduce a una aproximación de un modelo matemático que integra la DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto en un índice cuyos valores definen el nivel de contaminación por materia orgánica de un río, es así que se la puede ver desde varias facetas: 1) sirve para comprender de mejor manera el problema de contaminación por materia orgánica de un río; 2) se expone mediante un razonamiento lógico la construcción de una modelización matemática para medir el nivel aproximado de contaminación del río Chambo; 3) Permite construir una importante base teórica sobre la modelización matemática del *ICOMO* con la potencialidad de aplicárselo a otros ríos.

1.4. Justificación práctica

Este trabajo se orienta, en un primer nivel, a determinar el nivel de contaminación orgánica en una gran parte del río Chambo, ubicado en la Provincia de Chimborazo – Ecuador. Este río es el de mayor caudal de esta provincia y recoge aguas servidas de varios cantones, entre ellos el de la capital provincial Riobamba, cuyo porcentaje de descarga está cerca al 50% de todas las descargas vertidas por todos los cantones.

Habitualmente para determinar la contaminación de los ríos en Ecuador se usan Índices de Calidad de Agua (ICA), los cuales requieren de muchos parámetros para poderlo utilizar, por ejemplo el WQI requiere 10 parámetros, haciendo que el costo de usar este tipo de índice sea elevado aparte de un gran número de dificultades y en ocasiones hasta de resultados contradictorios (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997). Por lo que el uso de índices alternativos como el *ICOMO* el cual con 3 parámetros: DBO_5 , oxígeno disuelto y coliformes totales proporciona una mejor propuesta de costo-beneficio, respecto a los ICA.

Por otra parte, el desarrollo de la modelización matemática para ver el comportamiento del río respecto a la carga contaminante hace que el trabajo presentado sea de gran aporte práctico para la zona de estudio y para la gestión de los recursos hídricos de este río ya que permite deducir los valores de concentraciones de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto así como el nivel de contaminación del río Chambo a lo largo del mismo sin tener que recurrir necesariamente a muchas mediciones de campo y de laboratorio que hoy en día se hacen, lo cual tiene como consecuencia un ahorro en recursos económicos, personal, tiempo, etc. Además, permite a los organismos y gestores ambientales como: unidades de gestión ambiental, municipios, prefecturas y, en general, cualquier organismo privado o gubernamental dedicado al estudio y/o gestión de la contaminación de un río manejar de mejor manera el recurso agua.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Establecer la modelización matemática del índice *ICOMO* para determinar el nivel de la contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo - Ecuador.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Establecer la integración de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes y el porcentaje de saturación de oxígeno, como parte integral de la modelización matemática sobre el nivel de contaminación del río Chambo.
2. Valorar la contaminación por materia orgánica en el río Chambo mediante la modelización matemática.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico

El enfoque filosófico o epistemológico sobre la modelización matemática para determinar la contaminación orgánica del río Chambo, se sustenta en la clasificación de este estudio dentro de lo conoce como ciencia, caracterizada por un particular campo de conocimientos emprendidos y desarrollados por el ser humano para profundizar, difundir y utilizarlos para provecho de sí mismo (Bunge, 2002).

Por la naturaleza del estudio se lo ubica dentro de los campos de investigación de las ciencias formales y también de las ciencias aplicadas, reconociendo que este trabajo no es el único en la problemática del modelamiento matemático para explicar este tipo de contaminación. Por tanto, se debe tener la perspectiva que a pesar de que muchos trabajos comparten el mismo problema, seguro que también diferirán en el enfoque y en los resultados obtenidos, como lo expresa Bunge (2002) “dos proyectos de investigación compiten entre sí, si ambos tratan el mismo problema de maneras diferentes; por ejemplo, empleando diferentes supuestos o técnicas”. (p. 219).

De acuerdo con lo señalado por Climent (1996) se ha aplicado modelización matemática a una gran variedad de problemas (modelos neuronales, interacciones de población, procesos ecológicos, etc.). Este autor describe que la modelación matemática es una metodología sistemática que ha probado con éxito descubrir y comprender los procesos subyacentes y causas en la naturaleza a partir de sus relaciones y partes observables.

En este sentido, un modelo matemático es quizás la meta de cualquier investigador en ciencias básicas, con el que podamos comprender mejor y

algunas veces predecir un fenómeno natural en cuestión. Para que la modelización matemática cumpla con el objetivo de representar la realidad de la naturaleza es necesario dar los prerequisites, es decir generar un modelo conceptual del fenómeno a ser estudiado, cuyo objetivo principal es brindar de manera simple información aproximada y consistente al comportamiento, caracterizados por variables temáticas (Aronoff, 1989). La falta de un modelo conceptual trae consigo problemas de interoperabilidad y heterogeneidad (Balmaseda & Ponce de León, 2010).

En fin, el presente trabajo se sustenta en la corriente filosófica positivista, misma que afirma que el único conocimiento auténtico es el conocimiento científico que surge de la afirmación de las teorías a través del método científico. Es así como esta investigación construye una explicación bajo un análisis racional del comportamiento de la contaminación orgánica en el río Chambo, antes que en reparación de los daños causados por la contaminación; esto es, respetando a la naturaleza de modo de no afectarla, aun más, en concordancia con los principios de preservar los recursos para las generaciones venideras, así como del buen vivir, reflejado en la Constitución de la República del Ecuador y su legislación.

Además, desde esta perspectiva se trata de investigar la aplicación de la modelización matemática y ver su potencialidad para dar explicaciones racionales sobre el comportamiento de la contaminación orgánica con el fin de general una herramienta que permita entender mejor y posiblemente tratar de resolver los problemas que el mismo hombre las produce por sus actividades.

2.2. Antecedentes de investigación

El avance socioeconómico de las personas se ha producido gracias a la expansión de la producción agrícola e industrial. Sin embargo, estas actividades han afectado negativamente la calidad del suelo y del agua, provocando un impacto en la salud y la calidad de vida de las personas y en

el medio ambiente (Van der Perk, 2013). En este sentido se conoce dos tipos básicos de contaminantes: los contaminantes primarios a los agentes que causan efectos dañinos de acuerdo con la forma en la cual son liberados en el entorno, mientras que los contaminantes secundarios se forman como consecuencia de procesos químicos en el ambiente (Alloway & Ayres, 1998).

Hay muchas sustancias que comúnmente no son consideradas como agentes contaminadores, pero pueden causar la contaminación si son liberados en el ambiente en cantidades excesivas o de manera fortuita. La leche, el zumo de fruta, y el azúcar, por ejemplo, generalmente no son considerados como agentes contaminadores, pero al ser liberados directamente en el agua superficial ellos son dañinos a la vida acuática, ya que la oxidación de las sustancias orgánicas agota el oxígeno disuelto en el agua. Los contaminantes pueden ser clasificados de numerosas maneras por sus propiedades fisicoquímicas, abundancia, persistencia en el ambiente, por su efecto en el ecosistema y toxicidad (Van der Perk, 2013).

En este contexto, las poblaciones se han asentado cerca de lagos, ríos y costas, ya que se pueden dotar de agua limpia para el consumo, el riego, la industria, el transporte, la recreación, la pesca, la caza y el puro disfrute estético. A lo largo de la historia de la humanidad, el agua se ha utilizado para lavar y diluir los contaminantes. Las entradas de contaminantes han aumentado en décadas y han degradado la calidad del agua de muchos ríos, lagos y océanos costeros (Carpenter, y otros, 1998). Por otra parte, la escasez de agua es cada vez más común y probablemente se agrave en el futuro, está ligada a la contaminación ya que reduce el suministro de agua y aumenta los costos de tratamiento para su uso (Postel, Daily, & Ehrlich, 1996).

Otro aspecto importante es la variabilidad espacial y temporal ya que influyen en los procesos que gobiernan los patrones de la dispersión del contaminante (Van der Perk, 2013), en este sentido el concepto de escala proviene de la noción que se tiene sobre los fenómenos, sus propiedades o procesos y la variación que tienen estos cuando son medidos a diferentes escalas espaciales o temporales y en diferentes resoluciones (Bierkens, Finke, & De Willigen, 2000). El énfasis en la investigación a escala regional

de las cuencas hidrográficas requiere la transferencia de información a partir de observaciones o modelos basados en escalas más pequeñas. La forma en que estos intercambios de datos o los resultados de los modelos en las escalas de tiempo y espacio se pueden lograr de manera efectiva es fundamental para ayudar a todos a entender cómo pueden mover la información a través de las escalas (Hatfield, 2001).

Por tanto, los profesionales de los recursos hídricos generalmente comunican el estado de la calidad del agua y las tendencias de la evaluación de las variables individuales de la calidad del agua. Si bien este lenguaje técnico se comprende fácilmente dentro de la comunidad de recursos hídricos, no se traduce fácilmente en comunidades que tienen una profunda influencia en la política de recursos hídricos: el público en general y los responsables de las políticas. Cada vez más, estas comunidades esperan una respuesta comprensible a su derecho a saber sobre el estado de su medio ambiente (Curtis, 2001).

En este contexto, en junio de 1959 en los Estados Unidos de América se propone un estudio para desarrollar un indicador uniforme para la calidad de agua, sin mayores resultados. En 1965 el panel de contaminación ambiental emite una recomendación para usar un índice numérico para la contaminación del agua, y es en ese año cuando Horton publica un simple índice de calidad de agua (Ott, 1978).

Entre los años de 1995 y 1996 se desarrollan indicadores especiales para una cuenca o región: en 1995, con la Estrategia de Evaluación Ambiental de Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment - SAFE), que formula un índice especial para la Florida con el desarrollo del Programa de mejoramiento de la cuenca baja de Miami (WEP, 1996), y en 1996 el Índice de British Columbia de Canadá (Khan, Husain, & Lumb, 2003).

La Comunidad Europea, en el año 1975, desarrolla el Índice Universal de la Calidad del Agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable (Boyacioglu, 2010). Este indicador se basa en

doce variables: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, *OD*, *DBO₅*, fósforo total, *pH* y coliformes totales (Boyacioglu, 2007).

Horton (1965) y Liebman (1969) son los primeros en proponer un sistema de ICOs para estimar condiciones de contaminación del agua. Mientras que en Brown (1970) se proponen parámetros utilizados junto con dos procedimientos básicos para la obtención: aritmético y multiplicativo; generando ecuaciones ponderables en términos climáticos o usando pesos específicos.

La “National Sanitation Foundation Index (NSFI)” propone un índice de contaminación de agua usando nueve variables: oxígeno disuelto, coliformes fecales, *pH*, *DBO₅*, nitratos, fosfatos, temperatura, turbiedad y sólidos totales (Ott, 1978). Es decir, este índice abarca parámetros orgánicos como inorgánicos.

La contaminación de recursos hídricos ha producido la necesidad de usar criterios conceptuales y empíricos para su evaluación. Los índices de contaminación (ICO) del agua permiten realizar esto por medio de ecuaciones que contienen un conjunto de variables provenientes de ambientes acuáticos (Samboni, Reyes T., & Carbajal E., 2011). Precisamente, parte de estos estudios son incorporados en la presente investigación, tal como se presenta más adelante, a través del índice *ICOMO*.

Además de todas estas investigaciones anteriores, se puede apreciar que cada vez se han ido incluyendo más de las nueve variables mencionadas anteriormente. Una de esas es el análisis de *DBO₅*, así mismo junto con el *DQO* que haciendo relación entre estos valores proveen una idea muy importante en la contaminación del agua. (Green, Shelef, & Moraine, 1981), (Adams, 2017).

Por lo general estos estudios se han venido realizando en países desarrollados, donde se han aportado grandes conocimientos al campo. Sin embargo, se ha podido ver que en Latinoamérica no ha habido un desarrollo en estas áreas hasta hace unos pocos años donde se empiezan a realizar

análisis e investigaciones. Es así que, en México se empiezan a desarrollar algunas investigaciones, acentuando este tipo de investigación en Colombia, particularmente en Bogotá se realizan otras investigaciones (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997) que hacen diferentes análisis en torno a la contaminación dejada por industrias petroleras en la región, quienes determinan los índices apoyándose bastante en el *DBO₅* e *ICOMO* junto con los coliformes totales concluyendo que hay grandes cantidades de contaminación en los cuerpos de agua estudiados.

En los años 2007 y 2008, en Colombia se determina que tres estaciones de almacenamiento de agua están en estado de contaminación media-alta (Aguirre Sánchez, Aguirre Ramírez, & Caicedo Quintero, 2008). Igualmente se realizan otros trabajos en la ciudad de Cali (Valdes, Samboni, & Carvajal, 2011) los cuales determinan que los niveles de *ICOMO* son muy altos (0.6 a 1.0) en la subcuenca Zanjón Oscuro.

En el Ecuador se hizo también un estudio bastante similar, donde usan métodos para detectar la contaminación del agua en los alrededores de la ciudad de Guayaquil incluyendo análisis de pH, *DBO₅*, coliformes totales, coliformes fecales, saturación de oxígeno (Valencia, Palacios, & Rodríguez, 2000). Sin embargo, solo obtienen estos valores, pero en la generalidad de los casos no aplican ningún índice de calidad de agua.

Posiblemente los trabajos con más relación al presentado serían: un análisis del agua del río Chambo en el tramo Chibunga-Penipe por medio de la utilización del *ICOMO* (Erazo Veloz, 2015); y también el realizado por Molina (2015) quien en su estudio implementa el *ICOMO* en el agua del malecón de la ciudad de Manta, consiguiendo como resultado muy altos niveles de contaminación, 115 veces los establecido por la normativa. Estos trabajos en el Ecuador ya utilizan ICOs, pero no desarrollan en lo absoluto una modelización matemática que dé explicaciones razonables de los valores obtenidos.

En cuanto a la modelización matemática, Colin Maclaurin encuentra que estos son de uso común en el siglo XVII y XVIII, y que tienen un nuevo impulso en

el siglo XIX, por ejemplo, el de las escuelas politécnicas alemanas, donde se construyen modelos matemáticos para facilitar la visualización de objetos geométricos (Bermués Pardo, Lozano Imízcoz, & Polo Blanco, 2012, p. 187).

Pero, ciertamente los modelos matemáticos se remontan a muchos años más atrás, como lo demuestran los escritos de la civilización griega, para dar explicaciones científicas del universo, entre los nombres que sobresalen en esta cultura están Tales de Mileto (624- 546 a.C.), Anaximandro de Mileto (610-545 a.C.), entre otros.

Uno de los primeros modelos matemáticos aplicados al crecimiento poblacional se desarrolla en 1798 por el inglés Thomas Malthus (Galor & Weil, 1999). Sin embargo, “quizá el modelo más antiguo de crecimiento de poblaciones es el modelo que Leonardo de Pisa (o Fibonacci, como se le conoce desde el siglo XVIII) utilizó para describir el crecimiento de una población de conejos y que describió en su famoso libro sobre la Aritmética, *Liber abaci*, de 1202”. (Álvarez Nodarse, 2006, p. 73).

Según Bermudes, Lozano y Polo (2012) “el periodo de construcción de modelos en Alemania comenzó alrededor de 1870, cuando Ludwig Brill, hermano del matemático Alexander von Brill, comenzó a reproducir y vender copias de algunos modelos matemáticos. En 1880 se fundó una compañía con el nombre de L. Brill para la producción de modelos, que se estableció en Darmstadt, y se trasladó a Halle a. d. Saale en 1899 bajo el nombre de Martin Schilling.” (p. 187).

Los modelos matemáticos aplicados a la calidad de aguas se originan en el modelo de Streeter y Pheps (modelo S-T) en 1925 desarrollado para controlar la contaminación del Río Ohio en Estados Unidos, hasta contar en la actualidad con más de 100 modelos, mismos que pueden constituirse en herramientas efectivas para simular y predecir el transporte de contaminantes en aguas (Qinggai, Shibe, Peng, Changjun, & Feng, 2013).

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Descripción de la zona de estudio

La subcuenca del río Chambo (ver Figura 1), está situada en el centro de Ecuador en la vertiente Atlántica de la cordillera de los Andes, la misma es parte de la cuenca alta del río Pastaza la que desemboca en el río Amazonas. El área de la subcuenca ocupa aproximadamente un 54% de la superficie de la Provincia de Chimborazo ocupando 7 cantones de esta (Guano, Penipe; Riobamba, Chambo, Guamote, Colta y Alausí) y un 0.1% de la Provincia de Tungurahua en dos cantones (San pedro de Pelileo y Quero). El área de la subcuenca abarca 3524.73 km². En esta se encuentra el volcán Chimborazo con una altitud de 6280 m s.n.m., y el punto más bajo de la subcuenca que se halla a una altitud de 2295 m s.n.m., Dentro de la subcuenca se localizan también los volcanes Iguala (4430 m s.n.m.), Tungurahua (5023 m s.n.m.), El Altar (5319 m s.n.m.) y otras elevaciones menores. El río principal de la subcuenca se forma de la confluencia del río Cebadas y el río Guamote, su trayectoria es de sur a norte hasta llegar a Cotaló donde se une con el río Patate para formar el río Pastaza (Quishpe, 2017).

El sistema hidrográfico cuenta con veintiún microcuencas dentro de las cuales las más importantes son las de los ríos Cebadas, Guamote, Chibunga, Guano, Puela, Alao, Blanco y Uldán. Y además dentro de subcuenca existen treinta y tres afluentes que corren en todas las direcciones. El río principal de esta subcuenca es el Chambo, que corre de sur a norte con una longitud de 144.49 km. Este río es alimentado desde el límite sur de la subcuenca por el río Cebadas cuyos afluentes son los ríos Atillo y Yasipán, mientras que el río Guano viene desde el límite norte. El río Guamote y el río Alao son los afluentes de mayor representación al oeste y este de la subcuenca respectivamente. Otros afluentes de importancia constituyen los ríos Chibunga, Sicalpa, San Juan, Blanco y Guarguallá (Mendoza, 2015).

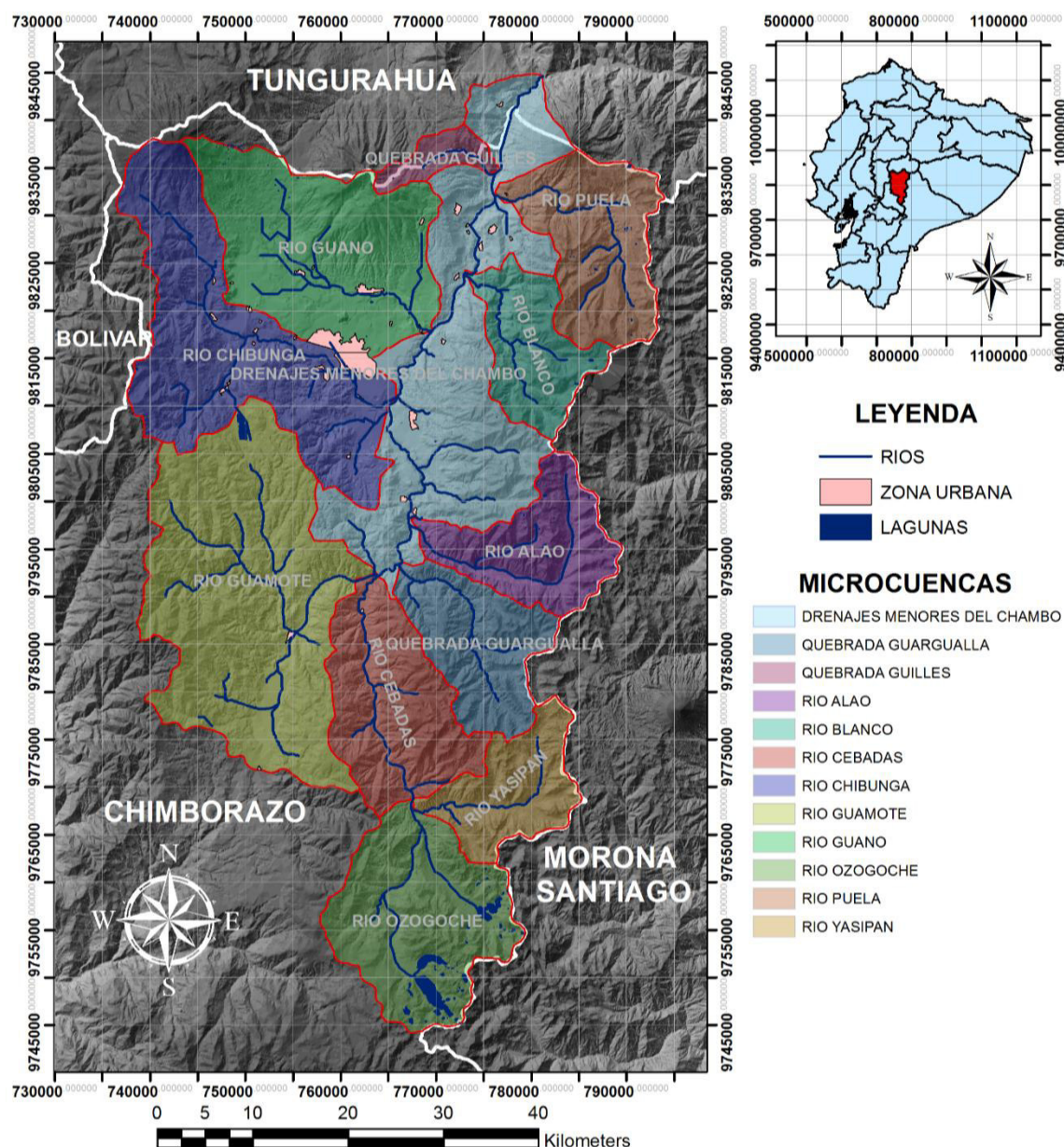


Figura 1. Subcuenca del Río Chambo.

De acuerdo con lo descrito por Quishpe (2017) la subcuenca del río Chambo ocupa un porcentaje de áreas protegidas: el 2.4% de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo y el 5.27% del Parque Nacional Sangay. Por otra parte, la subcuenca tiene el suelo con textura media (54.01 %), lo que indica que la mayor parte de la precipitación se puede infiltrar. Las diferentes texturas se encuentran distribuidas alrededor de toda la subcuenca: gruesa (19.45 %), moderadamente gruesa (12.18 %), fina (7.66 %) y zonas donde no existe información con un (6.70 %).

Como tipo de suelo se encuentra: en su mayoría Andisol (38.71%), mismos que se caracterizan por la presencia de ceniza volcánica y son fáciles de cultivar, en su mayoría tienen texturas franco y franco arcillosas en menor cantidad: Entisol (15.22%), Inceptisol (15.99%) y Molisol (21.70%) (Quishpe, 2017).

La subcuenca tiene la cobertura vegetal de acuerdo con la siguiente distribución Páramo (37.41 %), le sigue los cultivos anuales entre los que tenemos: acelga, ajo, alcachofa, arveja, brócoli, cebada, cebolla blanca y colorada, centeno, chocho, cilantro, col, coliflor, haba, lechuga, maíz, papa, etc., con el 14.29% y en tercer lugar el pastizal con el 12.40%. Los demás tipos de cobertura vegetal ocupan alrededor del 35% (Quishpe, 2017).

2.3.1.1. Características Geomorfológicas de la subcuenca del río Chambo

De acuerdo con las características geomorfológicas (Cuadro 1), la subcuenca del río Chambo es catalogada como una subcuenca grande ya que pasa de los 250 km².

De igual manera de acuerdo con los resultados obtenidos el tipo de forma de la subcuenca es irregular. La pendiente media de la subcuenca es de 23.95% siendo de esta manera catalogada como una subcuenca fuertemente accidentada (ver Figura 2).

Cuadro 1. Características geomorfológicas de la subcuenca del río Chambo.

Nombre	Sigla	Unidad	Valores
Área	<i>A</i>	km ²	3589.61
Perímetro	<i>P</i>	km	339.39
Cota máxima	<i>Cmax</i>	m s.n.m.	6280.00
Cota mínima	<i>Cmin</i>	m s.n.m.	1940.27
Centroide x	<i>Cx</i>		764997.69
Centroide y	<i>Cy</i>		9801500.18
Centroide z	<i>Cz</i>		3004.41
Índice de compacidad	<i>Ic</i>	Adimensional	1.60
Longitud media	<i>Lc</i>	km	72.00
Factor de Forma	<i>Ff</i>	Adimensional	0.69

Continuación del Cuadro 1.

Nombre	Sigla	Unidad	Valores
Relación de elongación	<i>Re</i>	adimensional	0.94
Relación de circularidad	<i>Rci</i>	adimensional	0.39
Relación hipsométrica	<i>RH</i>	adimensional	1.44
Altitud media	<i>Amed</i>	m s.n.m.	3004.41
Altitud más frecuente	<i>Amf</i>	m s.n.m.	3748.49
Altitud de frecuencia media	<i>Afm</i>	m s.n.m.	3705.29
Pendiente media	<i>Pmc</i>	%	23.95

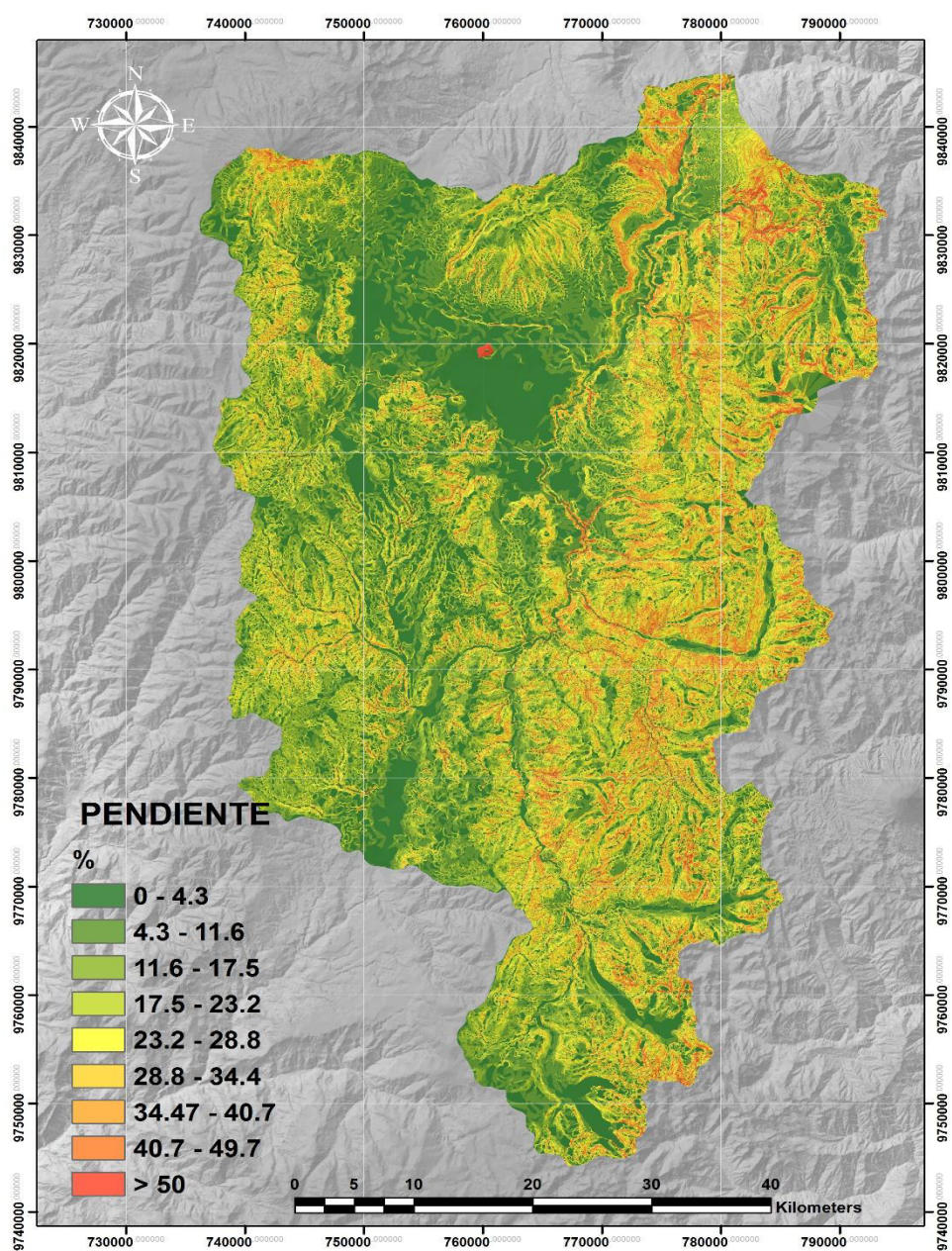


Figura 2. Pendiente media de la subcuenca del río Chambo.

La relación hipsométrica determinada a partir de la curva hipsométrica (ver Figura 3) muestra que la misma es una subcuenca joven.

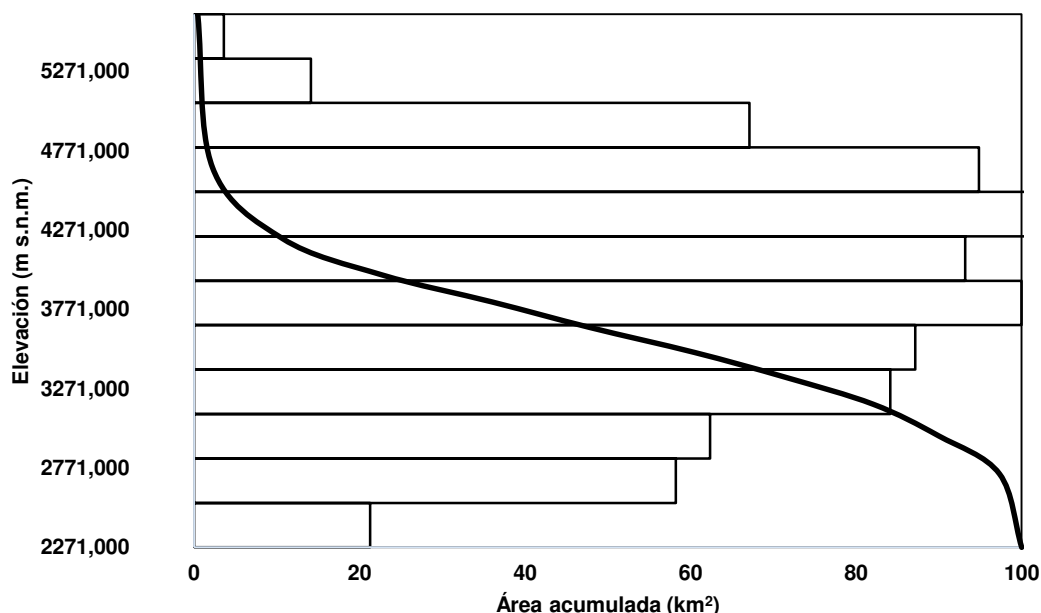


Figura 3. Curva hipsométrica de la subcuenca del río Chambo.

2.3.1.2. Características climáticas de la subcuenca del río Chambo

La variabilidad climática de la subcuenca del río Chambo depende en primer lugar los Andes y la Amazonía, ya que forman una zona de transición en la que se encuentra esta. Es así como las masas de aire húmedo en esta zona influyen en gran manera en la precipitación durante todo el año; además la variabilidad altitudinal en la que se encuentra la subcuenca entre 2240 - 6310 m s.n.m. (Rodgers, 1991). En este contexto y con base a datos obtenidos por el INAMHI (2017) se realiza la caracterización climática durante 24 años, desde 1990 hasta 2014, mediante las estaciones meteorológicas de acuerdo con el régimen de precipitación media anual (ver Figura 4).

La variación de la precipitación media mensual en la subcuenca del río Chambo durante 3 periodos de 8 años cada uno, que van de 1990 a 2014, muestra cómo se presentan dos regímenes marcados de precipitación, es decir una época de lluvia y una época seca en mm/mes (ver Figura 5).

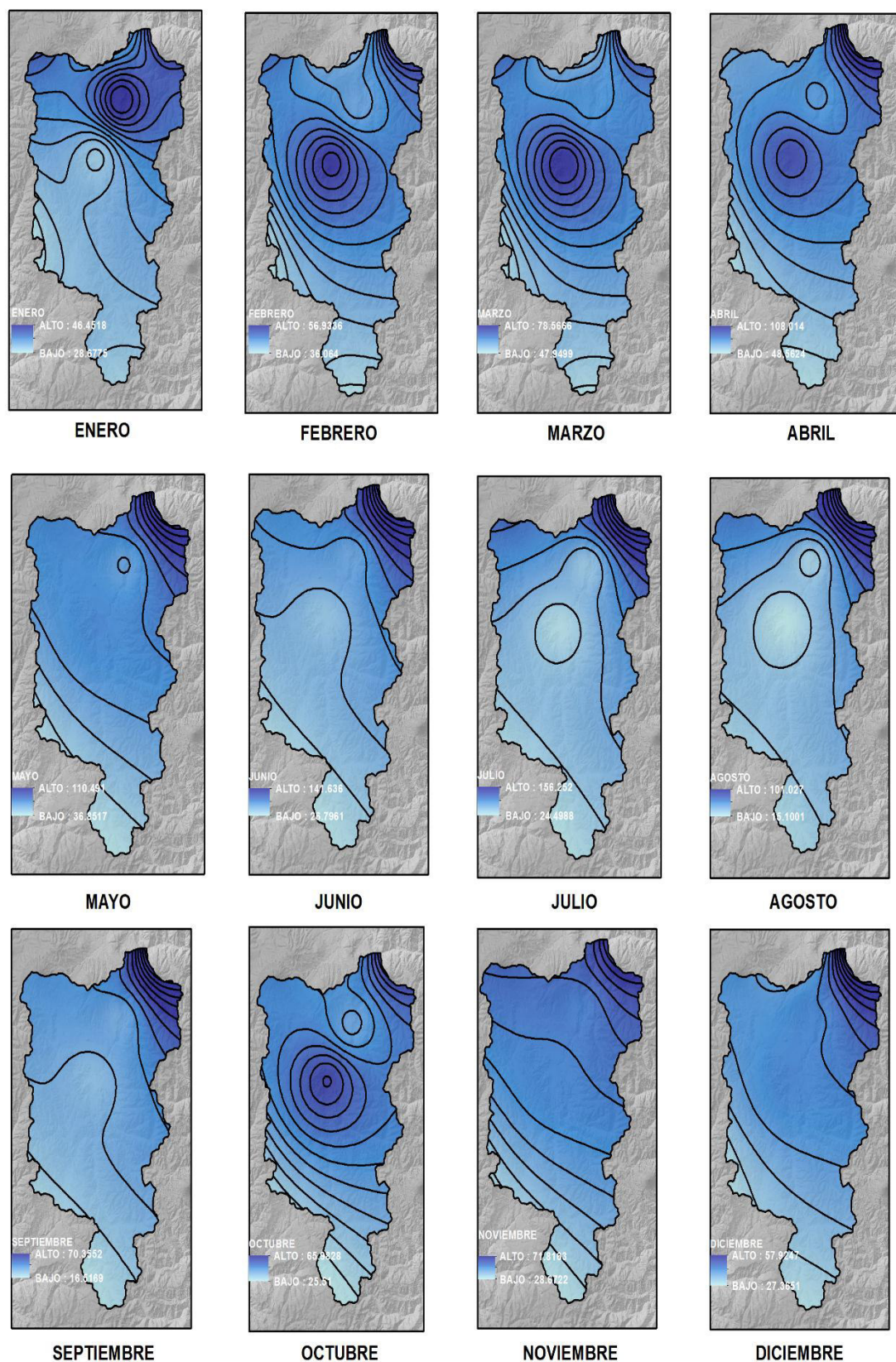


Figura 4. Precipitación media mensual en un periodo de 24 años en la subcuenca del río Chambo. Datos tomados de INAMHI (2017).

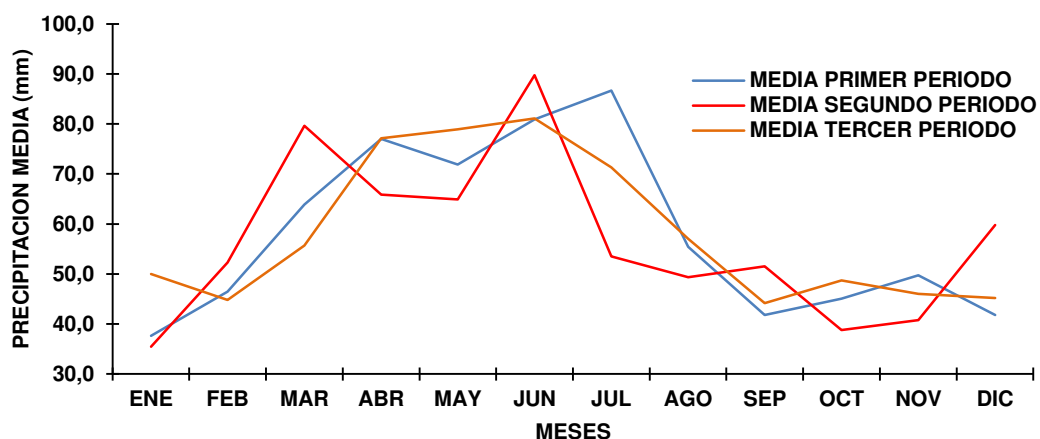


Figura 5. Precipitación media en tres periodos de 8 años en la subcuenca del río Chambo. Datos tomados de INAMHI (2017).

Al realizar la media para todo el período de tiempo (ver Figura 6) se observa una tendencia en el ciclo de precipitación en que los meses de mayor pluviosidad son los de marzo, abril, mayo, junio y julio; en cambio los de menor pluviosidad a partir de los meses de agosto, septiembre y octubre.

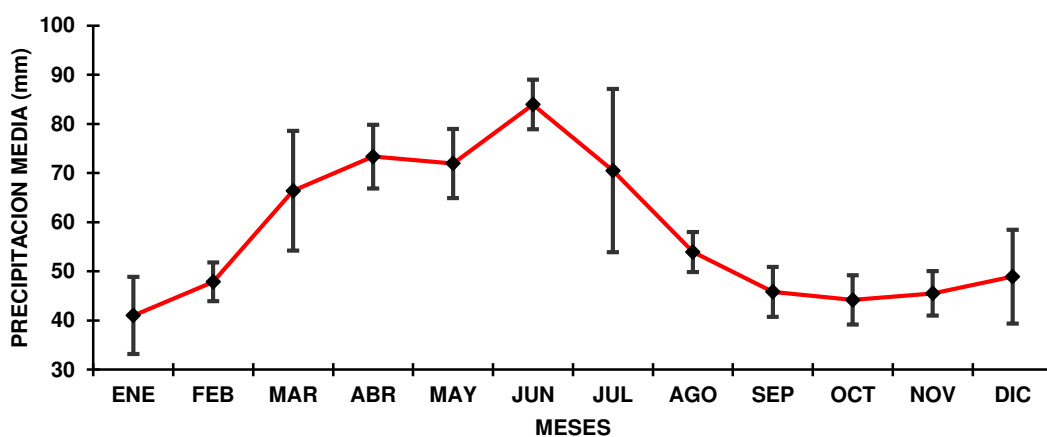


Figura 6. Tendencia de la precipitación media en 24 años en la subcuenca del río Chambo. Datos tomados de INAMHI (2017).

Por otra parte, al analizar la temperatura media en el mismo lapso de la precipitación, se observa una variación de 0.54 °C (ver Figura 7).

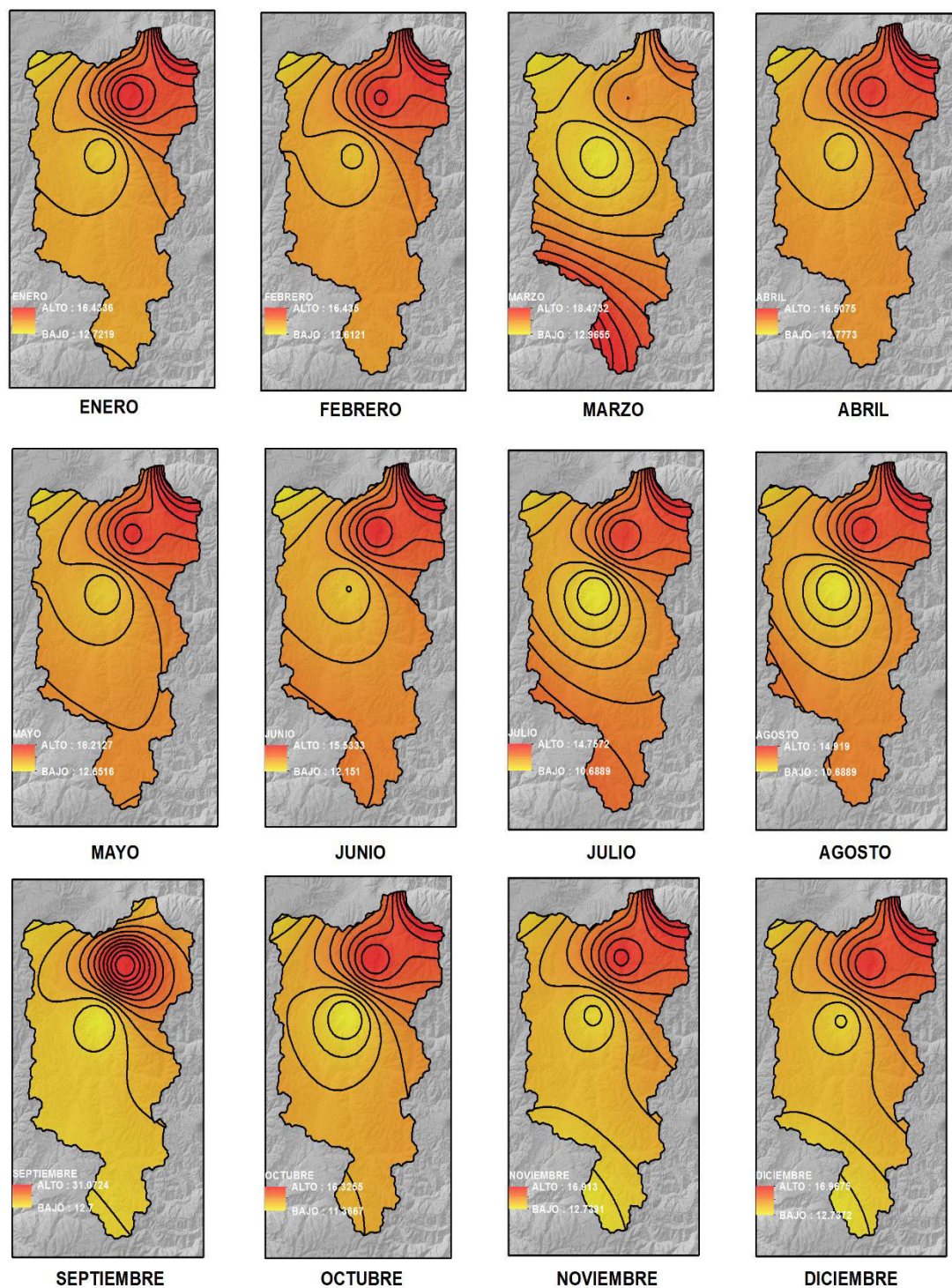


Figura 7. Temperatura media mensual en un periodo de 24 años en la subcuenca del río Chambo. Datos tomados de INAMHI (2015).

La tendencia de la temperatura media en la subcuenca a lo largo del período de 24 años muestra un valor aproximado de 15.07 °C en la mayor parte del

año, pero además se evidencia un aumento de la temperatura en el mes de septiembre (INAMHI, 2017), esto valores tiene una media de error de ± 0.54 °C (ver Figura 8).

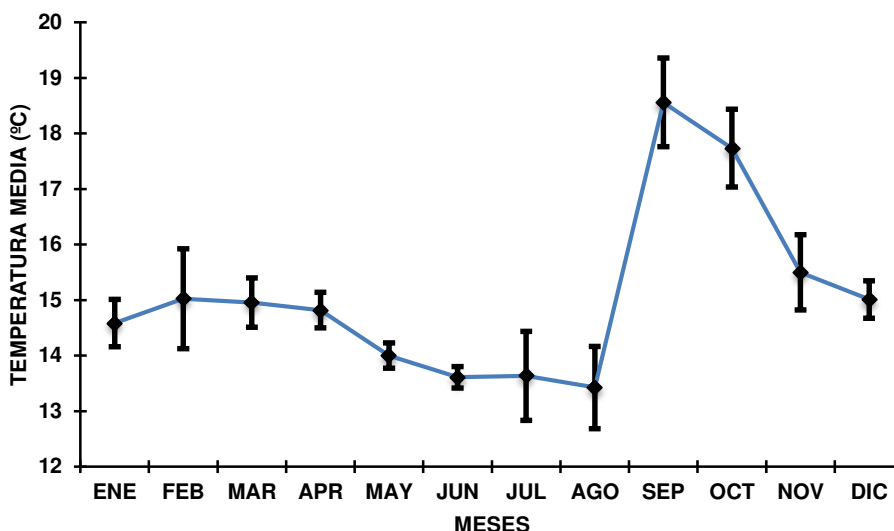


Figura 8. Tendencia de la temperatura media en 24 años para la subcuenca del río Chambo. Datos tomados de INAMHI (2017).

2.3.1.3. Características de los caudales del río Chambo

Según datos del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (2007) el promedio anual del caudal del río Chambo es de 62 m³/s de los cuales por el tipo de consumo sus porcentajes de consumo son: 71.91% riego y abrevadero, 9.56% consumo doméstico, 0.28% Piscicultura, 9.09% Hidroelectricidad, 5.14% Industrial y 4.02% recreativo (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), 2015).

Estos datos son un problema en cuanto a contaminación, para las actividades industriales y artesanales se usan al menos 2.2 m³/s, aunque se han especulado por hasta el doble de este valor, en donde casi la mayoría después de haber sido utilizada se restituye directamente sin ningún tipo de tratamiento, y es incluso peor cuando se tienen 23 sitios industriales de los cuales tan sólo 18 tienen permisos estatales de funcionamiento y de estos tan

solo dos tienen licencia ambiental para trabajar. Además, existen sitios donde se realizan extracciones de material pétreo directamente en los lechos de los ríos, levantando varias toneladas de arena directamente al agua y así aumentando la turbidez, esto limita la vida de peces y a eso se suman grasas, aceites y combustibles provenientes de la maquinaria que opera. (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), 2015).

2.3.2. Contaminación orgánica

2.3.2.1. Definición de contaminación orgánica

Sobre la base de la Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea realizado en Londres en el año de 1972 se entiende por contaminación orgánica a la introducción de desechos u otras materias orgánicas, resultante directa e indirectamente de actividades humanas, que tenga o pueda tener efectos perjudiciales tales como causar daño a los recursos vivos y a diferentes ecosistemas, entrañar peligros a la salud del hombre, entorpecer las actividades humanas, incluida la pesca, deteriorar la calidad del agua en lo que se refiere a su utilización y menoscabar las posibilidades de esparcimiento (United Nations, 1977).

2.3.2.2. Contaminación orgánica de los ríos

Desde los años noventa la contaminación de los ríos ha empeorado en América Latina, África y Asia. Mientras en los países desarrollados la calidad del agua mejora con el paso de los años, la contaminación de ríos empeora en países en desarrollo, tales como Ecuador. (United Nations, 2016)

2.3.2.3. Formas de determinación de la contaminación orgánica

Las formas para determinar la contaminación orgánica pueden ser muy variadas, usando diferentes variables dependiendo de la necesidad e ICAs (índices de calidad de agua) escogidos para el análisis. Como más comunes se tiene el pH, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (*DBO*), demanda biológica de oxígeno 5 (*DBO₅*), micronutrientes, parámetros

microbiológicos, coliformes fecales, coliformes totales, nitratos, fosfatos, temperatura (Fernández Parada & Solano Ortega, 2005).

2.3.2.4. El índice de contaminación por materia ICOMO

El índice de contaminación por materia orgánica (*ICOMO*) se expresa mediante el promedio de otros tres índices que dependen respectivamente de: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997). Este índice ha sido “construido mediante análisis de componentes principales, el cual tiene como propósito reducir un espacio multivariado de numerosas variables a sólo unas componentes que explican un alto porcentaje de la varianza total” (Jiménes J. & Vélez O., 2006) y posteriormente contrastado con otros indicadores como el ICA-NSF propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (Valdes, Samboni, & Carvajal, 2011). El *ICOMO* está definido como:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO_5} + I_{Coliformes\ totales} + I_{\% \text{ Oxígeno}}) \quad (1)$$

- I_{DBO_5} se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_{DBO_5} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO_5(\text{mg/L}) \quad (2)$$

$$\text{Si } DBO_5 > 30 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ tienen } I_{DBO_5} = 1$$

$$\text{Si } DBO_5 < 2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ tienen } I_{DBO_5} = 0$$

- $I_{Coliformes\ totales}$ se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_{Coliformes} = -1.44 + 0.56 \log_{10} Col.Tot. \left(\frac{NMP}{100 \text{ mL}} \right) \quad (3)$$

$$\text{Si } Col.Tot > 20000 \frac{NMP}{100 \text{ mL}} \text{ tienen } I_{Coliformes} = 1$$

$$\text{Si } Col.Tot < 500 \frac{NMP}{100 \text{ mL}} \text{ tienen } I_{Coliformes} = 0$$

- $I_{\%Oxígeno}$ se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_{\%Oxígeno} = 1 - 0.01 \%Oxígeno \quad (4)$$

Si $\%Oxígeno > 100 \%$ tienen $I_{\%Oxígeno} = 0$

A continuación se muestran las Figuras 9, 10 y 11 de las gráficas de las dependencias de I_{DBO} con el $DBO_5 \left(\frac{mg}{L} \right)$, $I_{Coliformes\ totales}$ con $Col.Tot. (NMP/100\ mL)$ y del $I_{\%Oxígeno}$ con el $\%Oxígeno$, con base en las expresiones (2), (3) y (4); respectivamente:

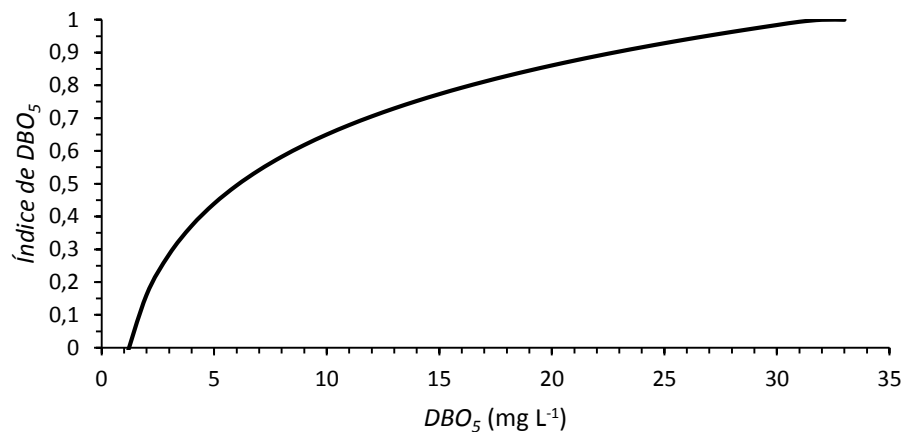


Figura 9. Curva del índice para la DBO_5

Fuente. Ramírez, Restrepo y Viña (1997).

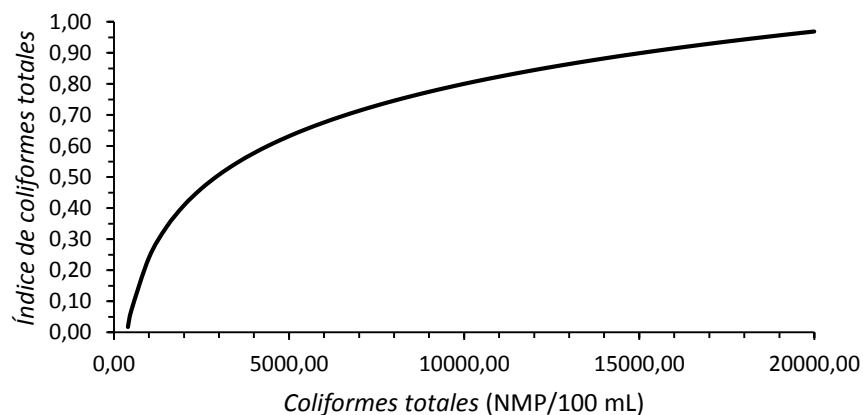


Figura 10. Curva del índice de contaminación para coliformes totales

Fuente. Ramírez, Restrepo y Viña (1997).

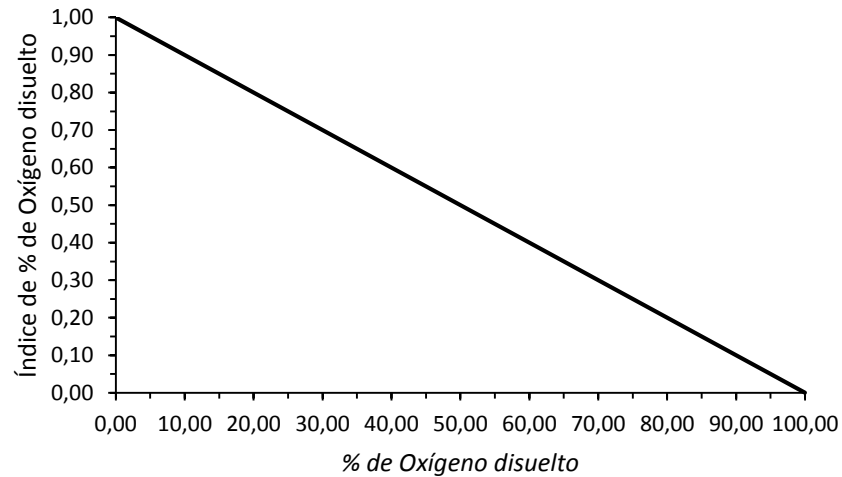


Figura 11. Curva del índice de contaminación para el oxígeno disuelto

Fuente. Ramírez, Restrepo y Viña (1997).

Cuando la concentración de oxígeno disuelto alcanza el 100% se hace referencia a este como la concentración de saturación de oxígeno disuelto, C_S . Elmore y Hayes (1960) desarrollan una expresión para la determinación de C_S (Li et al., 2013); luego, Bauer, Jennings y Miller (1979), complementan el trabajo de Elmore y Hayes (1960) y llegan a determinar C_S en función de la temperatura y presión barométrica (Bowie et al., 1985, p. 91):

$$C_S = \frac{P}{759.968} (14.652 - 0.41022 T_C + 0.007910 T_C^2 - 7.7774 \times 10^{-5} T_C^3) \quad (5)$$

Donde:

P = Presión barométrica en mmHg

C_S = Concentración de saturación del oxígeno disuelto en agua, mg/L

T_C = Temperatura del agua en $^{\circ}\text{C}$

A pesar de que la ecuación (5) ha sido ampliamente usada, inclusive en trabajos relativamente recientes (Li et al., 2013), (Loucks & van Beek, 2017), etc.; varios investigadores han encontrado imprecisiones en la ecuación (5), (McCutcheon, 1989), (Benson & Krause, 1980), (Benson & Krause, 1984), etc. Así, en esta investigación se aplican las ecuaciones de Benson y Krause en las que C_S en función de la temperatura y presión barométrica está dada por las siguientes expresiones (Benson & Krause, 1984):

$$C_s = \exp \left(-139.34411 + \frac{1.57550 \times 10^5}{T} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \frac{(P - u)(1 - \theta_0 P)}{(1 - u)(1 - \theta_0)} \quad (6)$$

Siendo:

$$u = \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \quad (7)$$

$$\theta_0 = 0.000975 - 1.426 \times 10^{-5} T_c + 6.436 \times 10^{-8} T_c^2 \quad (8)$$

Donde:

u = Presión de vapor del agua en atmósferas,

θ_0 = Está relacionado al segundo coeficiente virial de oxígeno,

T = Temperatura del agua en Kelvin.

2.3.2.5. Intervalos de contaminación orgánica del agua basándose en el índice ICOMO

Ramírez et al. (1997), con base a la expresión (1), determina intervalos de valores del índice de contaminación del agua. Así, en dependencia del intervalo en que se encuentre un valor dado del índice *ICOMO* se identifica el nivel de contaminación orgánica del agua, tal como muestra el Cuadro 2. Aquí se observa que la clasificación de la contaminación es: contaminación muy baja, contaminación baja, contaminación media, contaminación alta y contaminación muy alta.

Cuadro 2. Criterios sobre el índice ICOMO

Definición	Valor del <i>ICOMO</i>	Nivel de contaminación
$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxígeno \%})$	$0 \leq ICOMO \leq 0.2$	Contaminación muy baja
	$0.2 < ICOMO \leq 0.4$	Contaminación baja
	$0.4 < ICOMO \leq 0.6$	Contaminación media
	$0.6 < ICOMO \leq 0.8$	Contaminación alta
	$0.8 < ICOMO \leq 1.0$	Contaminación muy alta

Fuente. Cuadro construido con base en Samboni, Reyes T., & Carbajal E. (2011).

Entonces, para determinar el nivel de contaminación orgánica del río Chambo con base en el índice *ICOMO*, lo que procede hacer es primero determinar los índices de DBO_5 , coliformes totales y de oxígeno disuelto, para luego deducir el valor del índice *ICOMO* mediante la expresión (1); finalmente, con base en el valor obtenido se identifica el rango al que pertenece dicho valor con su correspondiente nivel de contaminación.

2.3.3. Modelización matemática

Según la Real Academia de la Lengua Española, modelizar es “construir el modelo o esquema teórico de algo, modelizar una situación”.

“Villa (2007) establece una diferencia entre los términos modelización y modelación matemática. La primera caracterizada como propia de la investigación en aplicaciones matemáticas a otras ciencias y la segunda referida a la investigación sobre su aplicación en la enseñanza” (Scardigli, Bello, Cicchini, Cuadrado, & Sara, 2013, pág. 18).

En este sentido, Villa (2007) aclara que “el proceso de modelización matemática es considerado como una actividad científica en matemáticas que se involucra en la obtención de modelos propios de las demás ciencias” (p.65).

El proceso de modelización matemática puede considerarse como un procedimiento que conduce a la representación/interpretación, de manera simplificada, de situaciones o fenómenos del “mundo real”, tomando únicamente los aspectos más relevantes de esas “situaciones reales”. Esta representación simplificada de la realidad es la que se expresa matemáticamente mediante un modelo matemático. Pero, como dice Scardigli et al. (2013) “es importante tener en cuenta, que al trabajar con modelos, se trabaja en situación simulada y se corre el riesgo de creer que la situación es idéntica a la real” (p.19).

2.3.4. Modelo matemático

2.3.4.1. Definición

Según Lee (1973) “un modelo es una representación de la realidad” (p.7). Pidd (2010) expresa que “un modelo es una representación explícita y externa de parte de la realidad como la ven las personas que desean usar el modelo para entender, cambiar, gestionar y controlar dicha parte de la realidad” (p.24). Por otro lado, Peláez y Mejía (2000) expresan que “un modelo matemático es un conjunto de expresiones matemáticas que describen el comportamiento de las variables que caracterizan un sistema” mientras que Chapra (2008) define como modelo matemático a “una formulación idealizada que representa la respuesta de un sistema físico a un estímulo externo” (p.10).

En este sentido, según Triviño y Ortiz (2004) simular el comportamiento de una cuenca hidrológica con la ayuda de un modelo matemático cobra sentido cuando la información obtenida con el mismo resulta imprescindible para lograr un objetivo difícilmente alcanzable por otros medios menos costosos. Los modelos facilitan la manipulación de las variables que intervienen en el proceso de conversión lluvia-caudal, aportando datos sobre la distribución espacial de la escorrentía superficial y mejorando la calidad de la cartografía temática sobre zonas inundables y zonas con riesgo de inundación. Los modelos matemáticos encargados de simular el comportamiento de las cuencas de drenaje se denominan «modelos hidrológicos» y «modelos hidráulicos», para evitar equívocos sobre el contenido de los modelos hidrológicos de un lado, y los hidráulicos de otro, es recomendable precisar sus límites conceptuales utilizando un criterio amplio y sencillo donde el modelo se corresponda con el contenido de la palabra que le califica.

2.3.4.2. Clasificación de los modelos matemáticos

Según Ashford y Smith (1965), los modelos matemáticos pueden tener diferentes alternativas para su clasificación, y añade, cualquier sistema de clasificación aceptable debe estar basado en propiedades comunes. Así, varios autores han desarrollado sus clasificaciones, tales como la de Levins (1966), Gertsev y Gertseva (2004) y Williams (2013), entre otras.

Clarke (1973) clasifica los modelos matemáticos en cuatro grupos principales: estocástico-conceptual, estocástico-empírico, determinista-conceptual y determinista-empírico. Un modelo se considera estocástico si alguno de las variables en su expresión matemática se describen mediante una distribución de probabilidad. Un modelo se denomina determinista si todas las variables se consideran independientes de variaciones aleatorias. Los modelos se llaman conceptuales si su forma funcional se deriva de la consideración de los procesos físicos, y empírica si no lo es (Loague & Green, 1991).

Con base en esta clasificación el modelo aplicado en esta investigación pertenece, por sus características, a un modelo determinista-conceptual.

Puesto que en el presente trabajo de investigación se busca establecer la modelización para determinar el nivel de contaminación orgánica del río Chambo, es importante entender que la introducción de materia orgánica en cualquier cuerpo de agua hace que las bacterias empiecen a descomponer esta materia, pero a expensas del oxígeno disuelto en el río. Asimismo, la presencia de este tipo de contaminante proporciona mayor alimento para las bacterias con el consiguiente incremento en el número de ellas. Así, desde el punto de vista de modelización matemática y haciendo una primera propuesta simplificada de conseguir un modelo para determinar los niveles de contaminación orgánica del río Chambo bajo régimen permanente se desarrolla a continuación el proceso de modelización matemática.

2.3.5. Modelización matemática en corrientes de aguas

El propósito de la modelización matemática en corrientes de agua es construir una herramienta que tenga la capacidad de simular el comportamiento hidrológico y de calidad de una corriente de agua (Salazar Arias, 1984). Esta herramienta debe tener la capacidad de calcular los cambios ante variaciones en algunos de los parámetros considerados en la modelización.

El primer proceso de modelización matemática para tratar el tema de la contaminación de ríos se remonta a 1912 cuando el Congreso de Estados

Unidos le encomienda al Servicio de Salud Pública la dirección de los trabajos y estudios sobre “el saneamiento y agua residuales, incluyendo la contaminación, directa o indirecta, en los ríos navegables y lagos de los Estados Unidos”. Así, los estudios en el río Ohio, realizados entre 1914 y 1916 resultan en la modelización matemática del oxígeno disuelto propuesto por Harold Streeter y Earle Phelps. Este trabajo incluye la formulación matemática de los principales procesos asociados con el oxígeno disuelto en un río, el cual culmina con un modelo matemático, conocido hoy como el modelo de Streeter-Phelps y que se expresa el déficit de oxígeno en función de la posición x y de varias constantes del modelo (Suárez López, 2016).

El trabajo de Harold Streeter y Earle Phelps sienta las bases para el desarrollo de posteriores trabajos, entre ellos se pueden mencionar los aportes de Velz en 1938, 1939, 1947, 1948; y, de O'Connor (1967), quien continua el desarrollo de las bases matemáticas y bioquímicas para el análisis del oxígeno disuelto en corrientes y, de forma más importante, en sistemas estuarinos (1960, 1962, 1965, 1966). También destacan los aportes de Thomann en 1963; O'Connor y Mueller en 1984; entre otros, (Suárez López, 2016).

Entre los resultados, se deben mencionar el surgimiento de una gran cantidad de fórmulas que consideran el proceso de reaireación en corrientes y ríos. Una exposición completa puede encontrarse en (Bowie et al., 1985), pero en esta parte se presentan las fórmulas más relacionadas con el presente trabajo de investigación.

Así, la fórmula de O'Connor-Dobbins expresa la tasa de reaireación como (Chapra, 2008):

$$k_a = 3.93 \frac{v^{0.5}}{H^{1.5}} \quad (9)$$

Donde:

k_a = Constante de reaireación en d^{-1}

v = Rapidez media de la corriente en m/s

H = Profundidad media en m.

Por otro lado, la fórmula de Churchill utiliza un enfoque más empírico que el usado por O'Connors y Dobbins. Esta fórmula proviene de una correlación de valores entre la constante de reaeración y la velocidad y profundidad media en tramos del Río Tennessee. La fórmula de Churchill es la siguiente (Bowie et al., 1985):

$$k_a = 5.026 \frac{v}{H^{1.67}} \quad (10)$$

Donde cada cantidad física se expresa en el sistema internacional

En cambio, Owens, Edward y Gibbs (1964) también usan un enfoque empírico, pero mediante la introducción del agotamiento de oxígeno al adicionar sulfito a varias corrientes de Gran Bretaña y combinan sus resultados con los datos provenientes del Río Tennessee. La fórmula de Owens y Gibbs resultante es la siguiente (Owens, Edwards, & Gibbs, 1964):

$$k_a = 5.32 \frac{v^{0.67}}{H^{1.85}} \quad (11)$$

Donde cada cantidad física se expresa en el Sistema Internacional.

De lo que se observa, las fórmulas (9), (10) y (11) muestran resultados diferentes para la medición de k_a . Sin embargo, antes de que puedan considerarse como resultados contradictorios, un estudio realizado por Covar (1976) demuestra que estas fórmulas pueden generar resultados que se complementan para predecir la tasa de reaeración en rangos de profundidad y velocidades diferentes. Así, la fórmula de O'Connor-Dobbins es la de mayor aplicación al considerar las profundidades de moderadas a altas y con velocidades de corrientes que van de moderadas a bajas. La fórmula de Churchill se aplica para profundidades similares, pero para corrientes rápidas. Finalmente, la relación de Owens-Gibbs es usada para sistemas menos profundos. Los resultados mencionados se detallan en el Cuadro 3, (Chapra, 2008).

Cuadro 3. Rangos de aplicabilidad de fórmulas para diferentes profundidades y velocidades de corrientes de agua.

Parámetro	O'Connor-Dobbins	Churchill	Owens-Gibbs
Profundidad (m)	0.30-9.14	0.61-3.35	0.12-0.73
Velocidad (m/s)	0.15-0.49	0.55-1.52	0.03-0.55

Fuente. Datos tomados de Chapra (2008, p. 379).

Con base a las fórmulas (9), (10) y (11) se ha construido la Figura 12, misma que muestra la tasa de reaireación en d^{-1} en función de la velocidad y profundidad.

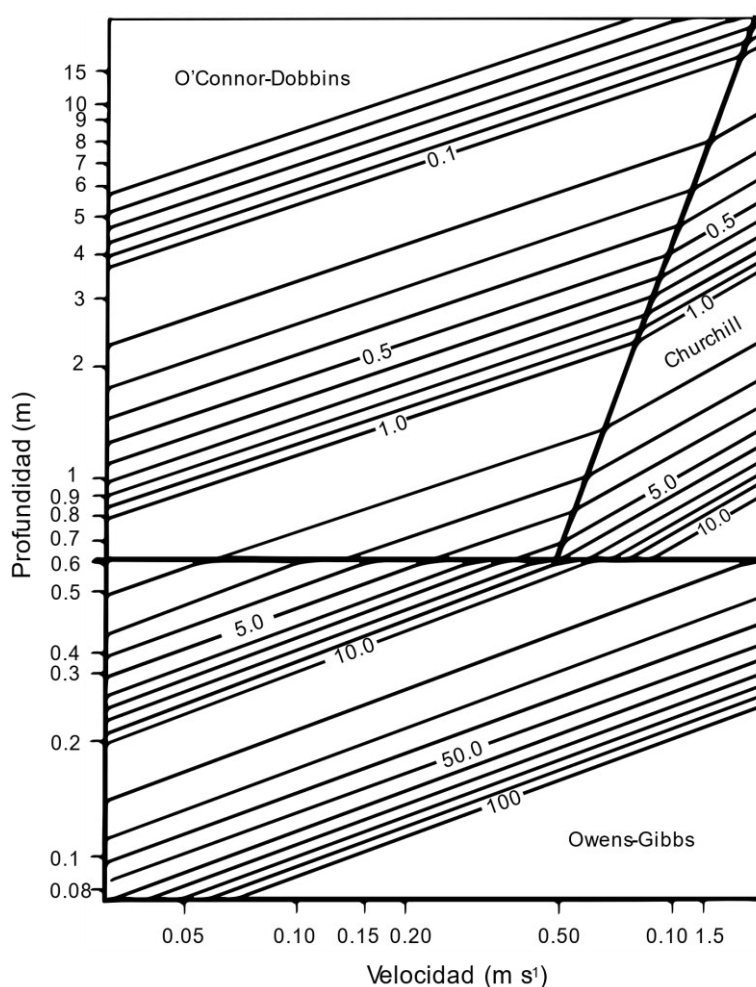


Figura 12. Tasa de reaireación en d^{-1} en función de la velocidad y profundidad.

Fuente. Covar (1976) y Zison, Mills, Deimer, & Chen (1978).

2.4. Marco Conceptual o Glosario

Para fines de esta investigación se conceptualizan los siguientes términos con el significado que se indica.

Altamente advectivo: es un proceso mediante el cual la materia orgánica se transporta principalmente por efecto de una corriente de agua, en particular del río Chambo.

Degradación: es el proceso de descomposición de la materia orgánica vertida en una corriente de agua a una tasa determinada de descomposición.

Difusión: es un proceso físico irreversible en el cual los constituyentes elementales de un contaminante se desplazan de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración.

ICOMO: es la abreviación de “índice de contaminación orgánica” y está referido a aquel índice obtenido del promedio, a su vez, de otros tres índices vinculados con la concentración de DBO₅, coliformes totales y el porcentaje de oxígeno disuelto.

Modelización matemática: es un proceso conducente, como término final, a un producto denominado modelo matemático, el mismo que es una simplificación e interpretación de la realidad para generar resultados aproximados.

Valorar: en esta investigación se refiere a medir el nivel de contaminación orgánica en correspondencia con el número obtenido del ICOMO, tal valoración se la hace asignando uno de los siguientes nombres de la siguiente escala ordinal: muy baja, baja, media, alta y muy alta (objetivo).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se sigue una serie de etapas sugeridas por Dreyer (1993). Esto es, la identificación de un problema o situación real, en este caso el de la contaminación orgánica del río Chambo; delimitación y precisión de la situación o problema, recolección de datos en la zona de estudio, consideración del o los modelos que pueden ser apropiados y obtenidos como resultados de la modelización matemática para tratar el problema de la contaminación orgánica del río Chambo.

La modelización matemática se la efectúa mediante las siguientes etapas (Dreyer, 1993):

1. **Identificación.** Se trata de clarificar las preguntas que se intentan responder con la modelización, formular el problema en palabras, documentar los datos relevantes e identificar el mecanismo subyacente al problema real.
2. **Suposiciones.** El problema debe ser analizado para decidir qué factores son los importantes y cuáles deben ser ignorados de modo que las suposiciones (o idealizaciones) sean lo más realistas posible.
3. **Construcción.** En este paso se traduce al lenguaje matemático el problema (junto con las suposiciones anteriormente realizadas) obteniéndose un conjunto de ecuaciones (o inecuaciones) después de haber identificado las variables que deben intervenir en las mismas.

4. **Análisis.** Se trata de la resolución del problema de modo que las variables desconocidas se expresan en términos de cantidades conocidas, y/o se obtiene información acerca de los parámetros.
5. **Interpretación:** La solución matemática del problema matemático abstracto debe ser comparada con la realidad para observar si se ajusta a lo conocido acerca del problema real. Si no, regresar a formular suposiciones más realistas y desarrollar una nueva modelización.
6. **Validación.** Revisar si la solución concuerda con los datos del mundo real. Si la correlación es insatisfactoria hay que hacer una reevaluación de los datos y suposiciones.
7. **Implementación.** Si la solución concuerda con los datos, entonces el modelo puede ser usado para predecir lo que suceda en el futuro....

La Figura 13 ilustra las etapas mencionas anteriormente.

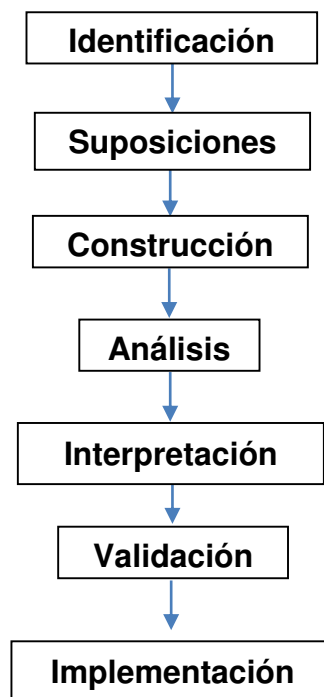


Figura 13. Flujograma de la modelización.
Fuente. Dreyer(1993).

En un problema específico de modelización puede ser que no usemos todas las etapas o bien algunas pueden resultar ser triviales.

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación: aplicada y correlacional. Es correlacional debido a que en esta investigación se busca encontrar la relación entre variables, ofrecer estimaciones teóricas y medir el grado de alcance de las mismas, además de cuantificar las relaciones entre variables (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

En cuanto al diseño, por tratarse de una investigación en que se requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados, se trata de una investigación experimental (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010). En este sentido se identifica como factor a la modelización matemática y como variable respuesta al diagnóstico de la contaminación orgánica del río Chambo.

Basándose en (Sierra Bravo, 2003) se esquematiza la investigación tal como se muestra en la Figura 14.

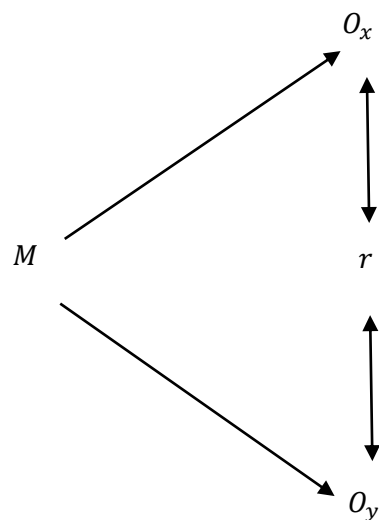


Figura 14. Esquema de investigación propuesto

Donde la simbología utilizada en la Figura 14 representa lo siguiente:

M = Muestra

O_x = Observación y evaluación de la variable modelización matemática.

r = Relación o correlación entre la variable modelización matemática y la contaminación orgánica.

O_y = Observación y evaluación de la variable contaminación orgánica.

Puesto que mediante la modelización matemática se debe llegar a obtener valores teóricos de concentraciones de DBO_5 , coliformes totales, oxígeno disuelto así como de $ICOMO$ y de los niveles de contaminación del río Chambo, se requiere que estos valores sean similares a los obtenidos experimentalmente, bajo las suposiciones asumidas y dentro de los márgenes de errores humanos e instrumentales. Así, para dar mayor validez al modelo matemático alcanzado se han diseñado previamente dos experimentos de campo: 1) En el primero se toman muestras durante 7 días en tres puntos diferentes en un afluente del río Chambo: el río Chibunga; estos puntos se encuentran separados entre el primero y el tercero una distancia de 10 m en cuyo punto medio hay un afluente menor del río Chibunga. De estos puntos se obtienen valores de DBO , coliformes totales, y concentración de oxígeno disuelto, además de caudales profundidad, temperatura, presión atmosférica y velocidad de la corriente. Posteriormente se identifican los niveles de contaminación en este tramo. 2) Se realiza un procedimiento similar pero en un tramo del río Chambo donde se vierten las aguas contaminadas del río Chibunga así como la mayor descarga proveniente de la ciudad de Riobamba, que es la capital de la Provincia de Chimborazo. Este segundo sistema tiene dimensiones físicas (aproximadamente cubre una longitud de 977 m) y caudales mucho mayores que el primero.

Finalmente, se aplica la modelización al río Chambo en una longitud que cubre la extensión de 102 931 m, donde se toman 69 muestras para, mediante análisis de laboratorio, determinar las concentraciones de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto para comparar estos valores con los correspondiente provenientes de la modelización matemática. De la misma

manera se procede con los valores experimentales del *ICOMO* y los teóricos generados por la modelización para posteriormente realizar las correspondientes valoraciones de los niveles de contaminación orgánica.

La toma de muestras y sus análisis técnicos han estado a cargo de un laboratorio acreditado: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (ver Anexo 1). Los resultados de laboratorio se incluyen en el Anexo 2.

3.1. Caracterización geomorfológica de la subcuenca

Las características geomorfológicas de una cuenca dan una idea de las propiedades particulares de cada cuenca, estas propiedades facilitan el empleo de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas, que sirven para relacionarla con las curvas de avenidas a otras cuencas con características geomorfológicas similares. Esta acción es función de una gran cantidad de parámetros que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca, (Antamba & Cabrera, 2015).

La caracterización básica de una cuenca se inicia con la determinación de los parámetros morfológicos, que describen la estructura física del ámbito territorial en la cuenca. Entre los más importantes figuran: la forma, tamaño o área, longitud máxima, ancho máximo, pendiente del cauce principal, pendiente media, red de drenaje. Algunos de estos parámetros sirven de base para considerar peligros a desastres naturales como: forma de drenaje, pendiente media, etc. La morfología de la cuenca queda definida por tres tipos de parámetros (Ramírez García, Cruz León, Sánchez García, & Monterroso Rivas, 2015), (Cruz Romero, Gaspari, Rodríguez Vagaría, Carrillo González, & Téllez López, 2015):

- a) Parámetros de forma
- b) Parámetros de relieve
- c) Parámetros relativos a la red de drenaje

3.1.1. Parámetros de forma

- **Índice de compacidad o Coeficiente de Gravelius (I_c):** Es el cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo del área de la misma cuenca. Si $I_c = 1$ la cuenca es de forma circular. Si: $I_c \approx 1$ cuenca regular $I_c \neq 1$ cuenca irregular.

$$I_c = 0.282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (12)$$

Donde P es el perímetro y A es el área.

- **Factor de Forma (F_f):** Ha sido definido por Horton, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal.

$$F_f = \frac{A}{L_c^2} \quad (13)$$

Dónde A es el área de la cuenca, (km^2) y L_c es la longitud axial de la cuenca.

- **Coeficiente de forma (K_f):**

$$K_f = \frac{B_m}{L} \quad (14)$$

Donde B_m es la relación entre la anchura media de la cuenca y L es la longitud media (L_{mc}).

- **Relación de Elongación (R_e)** Definido por Schumm, es la relación al diámetro en función del área de la cuenca (A):

$$R_e = 1,1284 \frac{\sqrt{A}}{L_c} \quad (15)$$

Donde A representa el área de la cuenca y L_c longitud del cauce principal.

- **Relación de circularidad (R_{ci}):** Denominado también como radio de circularidad, es el cociente entre A que es el área de la cuenca y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca. La cuenca es circular si $R_{ci} = 0.7855$:

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (16)$$

3.1.2. Parámetros de relieve

- **Pendiente de la cuenca:** Tiene relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces.
- **Curva Hipsométrica:** Es la representación gráfica del relieve de una cuenca; es decir la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o superficie de la cuenca en km^2 que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares.
- **Diagrama de frecuencias altimétricas:** Es la representación gráfica, de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes.
- **Relación de relieve (R_r):** Schumm (1956) propone una expresión muy simple para la descripción del relieve, función de la longitud de la cuenca L y de la diferencia de altura entre la salida de la cuenca y el punto más alto en la divisoria de la cuenca (h):

$$R_r = \frac{h}{L} \quad (17)$$

3.1.3. Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca

- **Densidad de drenaje (D_d):** Horton (1945) define la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total (L_t) de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca (A):

$$D_d = \frac{Lt}{A} \quad (18)$$

- **Número de Orden de un cauce:** Es un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje.
- **La pendiente media (S_m):** relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, H_{max} menos cota mínima, H_{min}) y la longitud de este, L :

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad (19)$$

3.2. Análisis hidrológico de la subcuenca

El análisis hidrológico consiste en la estimación de variables del balance hídrico como: precipitación, escorrentía, evapotranspiración, infiltración, reserva hídrica; estas variables sirven para la modelación matemática de crecientes o avenidas, aportando con datos para dimensionar y diseñar obras hidráulicas, demarcar planicies de inundación, identificar áreas de riesgo, zonas de factibilidad para el desarrollo de ciudades y proyecto de desarrollo. Para el desarrollo del análisis hidrológico se necesita de eventos registrados recabado a lo largo de los años es decir series históricas, (Campos Aranda, 2010). Los datos utilizados para el balance hídrico de la microcuenca son obtenidos de los anuarios meteorológicos del INAMHI donde se consideran las estaciones más cercanas a la microcuenca que en total han sido 16, para el análisis se toma en cuenta un tiempo de 24 años los cuales se dividen en 3 periodos los cuales son desde 1990 – 1998, 1999 – 2006 y 2007 - 2014.

3.2.1. *Establecimiento de batimetría y caudal*

A fin de conocer los niveles que puede alcanzar el agua o las alturas de agua a lo largo de un río se realiza la medición batimétrica en diferentes tramos del río para obtener el relieve y la forma del lecho hidráulico, mediante escalas

hidrométricas o limnómetros que son reglas graduadas en metros, decímetros y centímetros, donde en un solo tramo del río debe ser colocado cada 50 cm dependiendo el ancho del río (IDEAM, 2014). Para efectos de este análisis se evalúan los niveles de agua en épocas invierno y verano.

Aforo: es la operación de campo que tiene como fin realizar el cálculo del caudal que escurre por una sección de un río (Sánchez, 2013), para este caso se los realiza cuando se presenta algún aporte, descarga de agua o a su vez si existe alguna bifurcación. El método por realizar es mediante flotadores, donde se utilizan elementos que se tiran al agua, flotan y son arrastrados por la corriente (Sánchez, 2013), donde se pretende conocer la velocidad media de la sección para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal, según la ecuación de continuidad:

$$Q = K v A_p \quad (20)$$

Donde Q es el caudal medido en m/s, K es un factor de corrección, es la velocidad superficial en m/s, A_p es el área transversal promedio de la sección, m², que depende del material del fondo del canal.

3.3. Modelización matemática para determinar la contaminación orgánica del río Chambo, Provincia de Chimborazo - Ecuador

Siguiendo las etapas expuestas en la sección de Metodología de la Investigación de Dreyer (1993) , se tiene lo siguiente:

3.3.1. Identificación.

Para fines de modelización se esquematiza en la Figura 15 la situación a analizar, considerando solamente una única descarga. Además, puede observarse que bajo este esquema de partida se simplifican algunos detalles a fin de considerar únicamente aquellos que son los más importantes.

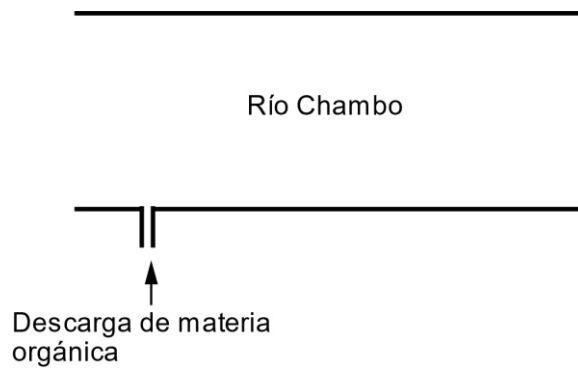


Figura 15. Esquema simplificado de una descarga sobre el río Chambo.

3.3.2. Suposiciones.

Las suposiciones que se asumen son las siguientes:

- La concentración del compuesto contaminante varía solamente a lo largo del río; es decir, solo existe un gradiente de concentración del compuesto en la dirección que fluye el agua del río (sea esta la del eje x). Esto es, se está tratando con un sistema unidimensional.
- La difusión de la materia orgánica es despreciable.
- Las concentraciones y velocidades son un promedio en una sección transversal del río.
- La DBO_5 es una medida de la cantidad de materia orgánica disponible.
- La descomposición de materia orgánica se da por una reacción de primer orden
- El caudal y el área transversal son uniformes.
- Se asume régimen permanente.

3.3.3. Construcción.

3.3.3.1. Modelización de DBO5

Considérese un elemento de volumen dado por la sección transversal del río y un espesor Δx , como muestra la Figura 16.

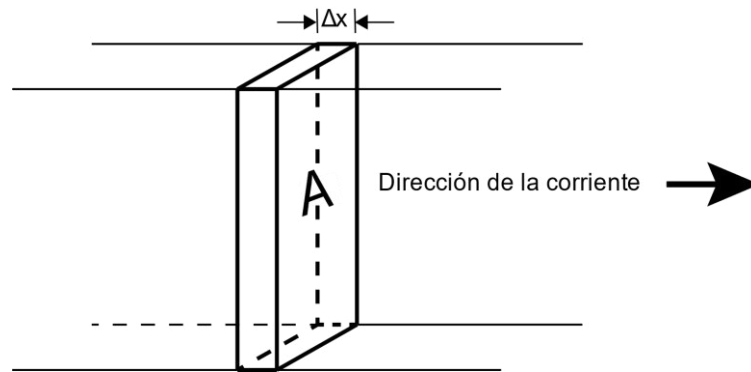


Figura 16. Elemento de volumen del río.

La masa de un compuesto, cuya concentración es C , que entra a través del elemento de volumen en un tiempo Δt es (Chapra, 2008):

$$m_{entrante} = Q C \Delta t \quad (21)$$

Donde Q es el caudal en el río.

La masa $m_{saliente}$ que sale de ese compuesto a través de dicho volumen V en el tiempo Δt está dado por la expresión (22):

$$m_{saliente} = (Q + \Delta Q) \left(C + \frac{\partial C(x, t)}{\partial x} \Delta x \right) \Delta t \quad (22)$$

Por tanto, la diferencia de masa entre la entrada y salida del contaminante en el intervalo de tiempo Δt , tomando en cuenta reacciones simples, es:

$$\Delta m = V \Delta C = Q C \Delta t - (Q + \Delta Q) \left(C + \frac{\partial C(x, t)}{\partial x} \Delta x \right) \Delta t \pm k_d v C \Delta t \quad (23)$$

Donde k_d es la constante de reacción de primer orden que describe la pérdida o ganancia de la concentración.

Al expandir la expresión (23) y dividir para el volumen $V = A \Delta x$, se tiene:

$$\frac{\Delta C}{\Delta t} = -\frac{Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{C}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\Delta Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} \pm k_d C \quad (24)$$

En el límite, cuando $\Delta x \rightarrow 0$ y $\Delta t \rightarrow 0$, resulta

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{C}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} \pm k_d C \quad (25)$$

O equivalentemente:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial (CQ)}{\partial x} \pm k_d C \quad (26)$$

Este modelo es conocido como modelo advectivo o modelo de máximo gradiente.

Una simplificación mayor se obtiene cuando el contaminante es un compuesto conservativo, $k_d = 0$. Además, considerando que el origen del sistema de referencia coincide con el punto de descarga y evaluando en la condición de frontera

$$C(x) = C_0 \quad \text{en} \quad x = 0 \quad (27)$$

Donde C_0 representa la concentración del contaminante en el punto de descarga (u origen del sistema de referencia), tal como se muestra en la Figura 17.

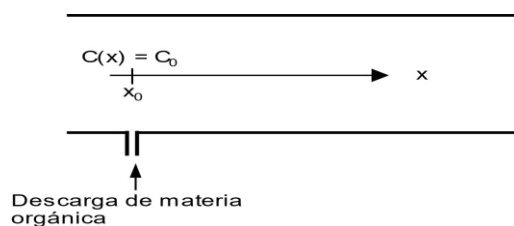


Figura 17. Condición inicial de la concentración.

C_0 se la puede obtener considerando que en $x = 0$ la materia orgánica aún no se descompone; en este caso la constante de reacción es nula, $k_d = 0$. A efectos de simplificar aun más el análisis se asumen que el resto de los parámetros no varían. Así, el supuesto de régimen permanente permite escribir:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad \text{y} \quad C = C_0 \quad \text{en} \quad x = 0 \quad (28)$$

El supuesto de independencia espacial permite escribir:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{y} \quad A = A_0 \quad (29)$$

De esta manera, la expresión (26) puede escribirse como

$$0 = -\frac{Q}{A_0} \frac{dC}{dx} = -v \frac{dC}{dx} \quad (30)$$

Donde v representa la rapidez de la corriente.

Obviamente la solución de la ecuación (30) da un valor constante para la concentración. Esta constante se la puede obtener de un balance de masas en la descarga: la masa total de contaminantes antes de la descarga tiene que ser igual al de después de la descarga,

$$Q_{Río} C_{Río} + Q_{Descarga} C_{Descarga} = Q_{Río} C_0 + Q_{Descarga} C_0 \quad (31)$$

donde $Q_{Río}$ y $C_{Río}$ son el caudal y la concentración en el río antes de la descarga, mientras que $Q_{Descarga}$ y $C_{Descarga}$ representan el caudal y la concentración de la descarga misma, según se muestra en la Figura 18.

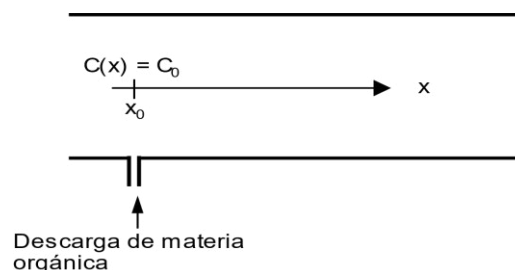


Figura 18. Determinación de C_0 en el punto de descarga.

Despejando C_0 de (31), resulta

$$C_0 = \frac{Q_{Río} C_{Río} + Q_{Descarga} C_{Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \quad (32)$$

Considerando una situación más realista; es decir el de un régimen permanente con un contaminante no conservativo: el contaminante orgánico sufre descomposición a través de una reacción química de primer orden.

En este caso la ecuación (26) se puede escribir como:

$$0 = -\frac{Q}{A} \frac{dC}{dx} - \frac{C}{A} \frac{dQ}{dx} - k_d C \quad (33)$$

Si se supone que el caudal y el área transversal son constantes, y solo se considera descargas puntuales, la expresión (33) se puede escribir como:

$$0 = -\frac{Q}{A} \frac{dC}{dx} - k_d C = -v \frac{dC}{dx} - k_d C \quad (34)$$

La solución de esta ecuación diferencial se la realiza a continuación:

$$\begin{aligned} k_d C &= -v \frac{dC}{dx} \\ -\frac{k_d}{v} &= \frac{1}{C} \frac{dC}{dx} \\ -\frac{k_d}{v} \int dx &= \frac{1}{C} \int dC \\ -\frac{k_d}{v} x &= \ln C + K \end{aligned} \quad (35)$$

La constante de integración K se la obtiene a partir de la condición inicial $C = C_0$, en $x = 0$:

$$K = C_0$$

Por lo tanto, la ecuación (35) puede escribirse como:

$$C(x) = C_0 \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right) \quad (36)$$

Sustituyendo la expresión (32) en la (36), resulta

$$C(x) = \frac{Q_{Río}C_{Río} + Q_{Descarga}C_{Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right) \quad (37)$$

Esta última ecuación expresa que la concentración del compuesto contaminante no conservativo decrece exponencialmente con respecto a la coordenada x . Esta ecuación es válida hasta que otra nueva descarga ingresa al río.

La Figura 19 ilustra cómo varía la concentración del contaminante con la distancia a lo largo del río. Así, en la parte superior se asumen dos descargas y en la inferior se observa la gráfica de línea continua para cuando la carga contaminante no experimenta reacciones químicas, esto según la ecuación (32); y, la línea puntada muestra la variación de su concentración cuando la carga contaminante si sufre reacciones químicas, como es el caso de la materia orgánica que es oxidada por las bacterias, esto según la ecuación (37) (O'Connor & Dobbins, 1971).

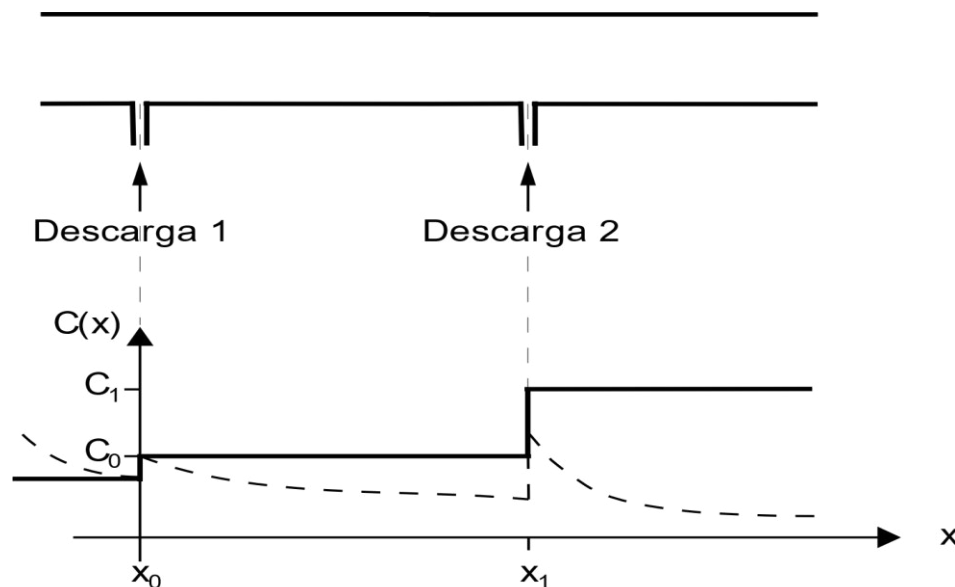


Figura 19. **Concentración del contaminante a lo largo del río.**

Fuente: O'Connor, D. J., & Dobbins, A. (1971).

Puesto que la concentración de DBO_5 es una medida de la materia orgánica presente, se puede escribir la expresión (37) en términos de este parámetro:

$$C_{DBO_5 \text{ Río}}(x) = \frac{Q_{\text{Río}} C_{DBO_5 \text{ Río}} + Q_{\text{Descarga}} C_{DBO_5 \text{ Descarga}}}{Q_{\text{Río}} + Q_{\text{Descarga}}} \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right) \quad (38)$$

3.3.3.2. Modelización de las coliformes totales

Aquí se incorpora las coliformes como un factor no conservativo, asumiendo que al tratarse de una población sigue una ecuación diferencial de primer orden (Chapra, 2008):

$$\frac{dC_{\text{Col}}(x)}{dt} = -k_c C_{\text{Col}}(x) \quad (39)$$

Donde:

$C_{\text{Col}}(x)$ = Concentración de coliformes en la posición x .

k_c = Constante de decaimiento de las coliformes.

La ecuación diferencial (39) tiene la misma forma matemática que la ecuación (34). Por analogía, la solución de la ecuación (39) es:

$$C_{\text{Col}}(x) = C_{\text{Col}_0} \exp\left(-\frac{k_c}{v}x\right) \quad (40)$$

Donde:

C_{Col_0} = Concentración de coliformes en $x = 0$.

La concentración inicial de coliformes en el agua, C_{Col_0} , se la obtiene mediante un balance de masa cuando se conocen las condiciones iniciales de la corriente. Esto es,

$$C_{\text{Col}_0} = \frac{Q_{\text{Río}} C_{\text{Col Río}} + Q_{\text{Descarga}} C_{\text{Col Descarga}}}{Q_{\text{Río}} + Q_{\text{Descarga}}} \quad (41)$$

Donde $C_{\text{Col Río}}$ y $C_{\text{Col Descarga}}$ representan las concentraciones de coliformes en el río y la descarga antes de la descarga misma.

Sustituyendo la expresión (41) en la (40) se obtiene:

$$C_{Col}(x) = \frac{Q_{Rio} C_{Col\ Rio} + Q_{Descarga} C_{Col\ Descarga}}{Q_{Rio} + Q_{Descarga}} \exp\left(-\frac{k_c}{v}x\right) \quad (42)$$

3.3.3.3. Modelización del Oxígeno disuelto

La modelización del oxígeno disuelto está dada por el modelo de Streeter-Phelps, misma que es usada en Ingeniería Ambiental. La ecuación del modelo de Streeter-Phelps relaciona los dos principales mecanismos que definen el oxígeno disuelto en un cauce de agua superficial que recibe la descarga de aguas residuales: la descomposición de materia orgánica y el intercambio del oxígeno atmosférico al agua (aireación) (Chapra, 2008).

La ecuación de Streeter-Phelps puede deducirse a partir de un balance de masas, asumiendo una situación de régimen permanente y altamente advectivo (Chapra, 2008):

$$\begin{cases} v \frac{dC_{DBO}(x)}{dx} = -k_d C_{DBO}(x) \\ v \frac{dC_D(x)}{dx} = k_d C_{DBO}(x) - k_a C_D(x) \end{cases} \quad (43)$$

Donde

$$C_D = C_S - C_{OD} \quad (44)$$

C_D = Concentración del déficit de oxígeno.

C_{OD} = Concentración de oxígeno disuelto

C_S = Concentración de saturación de oxígeno disuelto.

k_d = Constante de degradación de la materia orgánica, mide la tasa a la que se oxida la materia orgánica.

k_a = Constante de reaeración, mide la tasa a la que se transfiere oxígeno al río.

Sea:

C_{DBO_0} = Concentración inicial de DBO_5 en el agua

C_{D_0} = Concentración inicial del déficit de oxígeno en el agua

C_{DBO_0} = Concentración inicial de DBO_5 en el agua

Si $C_{DBO}(x) = C_{DBO_0}$ y $C_D(x) = C_{D_0}$ en $x = 0$, entonces una de las soluciones del sistema de ecuaciones diferenciales (43) es:

$$C_{DBO} = C_{DBO_0} \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right) \quad (45)$$

La otra solución se la obtiene sustituyendo la expresión (45) en la segunda del sistema (43):

$$v \frac{dC_D(x)}{dx} = k_d C_{DBO_0} \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right) - k_a C_D(x) \quad (46)$$

Adicionando el término $k_a C_D$ a ambos lados y dividiendo para v , resulta

$$\frac{dC_D(x)}{dx} + \frac{k_a C_D(x)}{v} = \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\left(-\frac{k_d}{v}x\right)}{v} \quad (47)$$

Sea

$$\mu(x) = \exp\left(\int_v^{k_a} dx\right) = \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \quad (48)$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación diferencial (47) por $\mu(x)$, resulta:

$$\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \frac{dC_D(x)}{dx} + \frac{\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) k_a C_D(x)}{v} = \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\left(\frac{k_a}{v}x - \frac{k_d}{v}x\right)}{v} \quad (49)$$

Haciendo uso de la sustitución

$$\frac{k_a \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right)}{v} = \frac{d}{dx} \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \quad (50)$$

La ecuación (49) se convierte en:

$$\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \frac{dC_D(x)}{dx} + \frac{d}{dx} \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) C_D(x) = \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\left(\frac{k_a}{v}x - \frac{k_d}{v}x\right)}{v} \quad (51)$$

Aplicando la regla inversa del producto de la derivación $f \frac{dg}{dx} + g \frac{df}{dx} = \frac{d}{dx}(f g)$ al lado izquierdo de la ecuación (51), se tiene:

$$\frac{d}{dx} \left[\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) C_D(x) \right] = \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\left(\frac{k_a}{v}x - \frac{k_d}{v}x\right)}{v} \quad (52)$$

Integrando respecto a x a ambos lados de la ecuación (52), resulta:

$$\int \frac{d}{dx} \left[\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) C_D(x) \right] dx = \int \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\left(\frac{k_a}{v}x - \frac{k_d}{v}x\right)}{v} dx \quad (53)$$

$$\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) C_D(x) = \frac{k_d C_{DBO_0} \exp\frac{x}{v}(k_a - k_d)}{k_a - k_d} + C_1 \quad (54)$$

Donde C_1 es una constante arbitraria.

Dividiendo ambos lados de la ecuación (54) para $\mu(x) = \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right)$, resulta:

$$C_D(x) = \exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \left[\frac{k_d C_{DBO_0} \exp\frac{x}{v}(k_a - k_d)}{k_a - k_d} + C_1 \right] \quad (55)$$

La constante C_1 se la determina sustituyendo las condiciones iniciales $C_D(0) = C_{D_0}$ en la expresión (55):

$$C_{D_0} = \frac{k_d C_{DBO_0}}{k_a - k_d} + C_1 \quad (56)$$

La solución de la ecuación (56) es la siguiente:

$$C_1 = \frac{-k_d C_{DBO_0} + k_a C_{D_0} - k_d C_{D_0}}{k_a - k_d} \quad (57)$$

Sustituyendo la expresión (57) en la (55) se tiene:

$$C_D(x) = \frac{\exp\left(\frac{k_a}{v}x\right) \left\{ k_a C_{D_0} - k_d C_{D_0} + C_{DBO_0} k_d \left[\exp\left(\frac{x}{v}(k_a - k_d)\right) - 1 \right] \right\}}{k_a - k_d} \quad (58)$$

Reordenando términos resulta:

$$\begin{aligned}
C_D(x) = \frac{1}{k_a - k_d} \left[C_{DBO_0} k_d \left(\exp\left(-\frac{k_a x}{v}\right) \exp\left(\frac{k_a x}{v}\right) \exp\left(-\frac{k_d x}{v}\right) \right) \right. \\
\left. - C_{DBO_0} k_d \exp\left(-\frac{k_a x}{v}\right) + k_a C_{D_0} \exp\left(-\frac{k_a x}{v}\right) \right. \\
\left. + C_{DBO_0} k_d \exp\left(-\frac{k_d x}{v}\right) \right] \quad (59)
\end{aligned}$$

$$C_D(x) = \frac{C_{DBO_0} k_d}{k_a - k_d} \left[\exp\left(-\frac{k_d x}{v}\right) - \exp\left(-\frac{k_a x}{v}\right) \right] + \frac{C_{D_0} (k_a - k_d)}{k_a - k_d} \exp\left(-\frac{k_a x}{v}\right)$$

$$C_D(x) = \frac{k_d C_{DBO_0}}{k_a - k_d} \left[\exp\left(-\frac{k_d}{v} x\right) - \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \right] + C_{D_0} \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \quad (60)$$

La solución (60), en donde C_D está en función de la coordenada espacial x , es conocida como modelo de Streeter-Phelps (Bowie et al., 1985).

A partir de la solución (60), la concentración de oxígeno disuelto se obtiene sustituyendo la expresión (60) en la (44):

$$C_{OD} = C_s - \frac{k_d C_{DBO_0}}{k_a - k_d} \left[\exp\left(-\frac{k_d}{v} x\right) - \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \right] - (C_s - C_{OD_0}) \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \quad (61)$$

La concentración inicial de oxígeno disuelto en el agua, C_{OD_0} , se la obtiene mediante un balance de masa, cuando se conocen las condiciones iniciales de la corriente. Esto es,

$$Q_{Río} C_{OD\ Río} + Q_{Descarga} C_{OD\ Descarga} = Q_{Río} C_{OD_0} + Q_{Descarga} C_{OD_0} \quad (62)$$

donde $Q_{Río}$, y $C_{OD\ Río}$ son el caudal y la concentración del oxígeno disuelto en el río antes de la descarga, mientras que $Q_{Descarga}$ y $C_{OD\ Descarga}$ representan el caudal y la concentración de oxígeno disuelto de la descarga misma, según se muestra en la Figura 20.

Despejando C_{OD_0} de (62), resulta

$$C_{OD_0} = \frac{Q_{Río} C_{OD\ Río} + Q_{Descarga} C_{OD\ Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \quad (63)$$

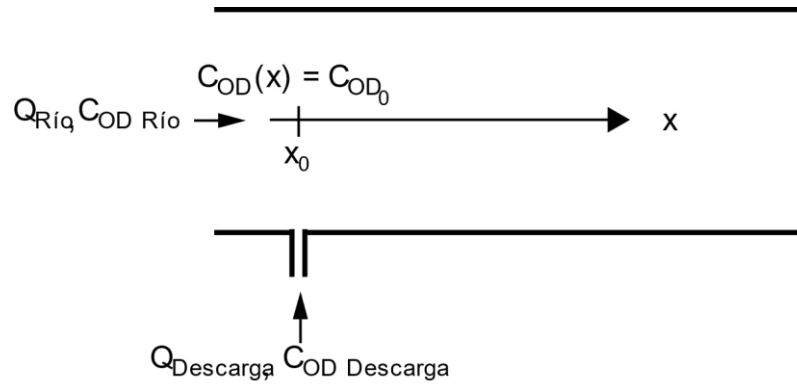


Figura 20. Determinación de C_{OD_0} en el punto de descarga.

Por analogía, C_{DBO_0} se obtiene de la siguiente expresión:

$$C_{DBO_0} = \frac{Q_{Río} C_{DBO_5 \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{DBO_5 \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \quad (64)$$

donde $Q_{Río}$, y $C_{DBO_5 \text{ Río}}$ son el caudal y la concentración de DBO_5 en el río antes de la descarga, mientras que $Q_{Descarga}$ y $C_{DBO_5 \text{ Descarga}}$ representan el caudal y la concentración de DBO_5 de la descarga.

Sustituyendo las expresiones (63) y (64) en (61), se obtiene

$$\begin{aligned} C_{OD} &= C_s \\ &- \frac{k_d}{k_a - k_d} \frac{Q_{Río} C_{DBO_5 \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{DBO_5 \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \left[\exp\left(-\frac{k_d}{v} x\right) - \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \right] \\ &- \left(C_s - \frac{Q_{Río} C_{OD \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{OD \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \right) \exp\left(-\frac{k_a}{v} x\right) \end{aligned} \quad (65)$$

La concentración de oxígeno disuelto se la suele expresar como porcentaje de la concentración del oxígeno disuelto respecto a su concentración de saturación, C_s ; esto es,

$$\%OD = \frac{C_{OD}}{C_s} \times 100 \quad (66)$$

3.3.4. Integración de parámetros en el ICOMO

Los índices I_{DBO} y $I_{Coliformes\ totales}$ se los obtiene sustituyendo las expresiones (38), (42) en (2) y (3); respectivamente, como se indica a continuación:

$$I_{DBO}(x) = -0.05 + 0.70 \log_{10} \left[\frac{Q_{Río} C_{DBO_5\ Río} + Q_{Descarga} C_{DBO_5\ Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \exp\left(-\frac{k_d}{v} x\right) \right] \quad (67)$$

$$I_{Col}(x) = -1.44 + 0.56 \log_{10} \left[\frac{Q_{Río} C_{Col\ Río} + Q_{Descarga} C_{Col\ Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \exp\left(-\frac{k_c}{v} x\right) \right] \quad (68)$$

El índice $I_{\% O_2}$ se lo obtiene sustituyendo la expresión matemática (65) en la (66) y el resultado de este proceso en la expresión (4), con lo que se obtiene la expresión (69).

Finalmente, sustituyendo (67), (68) y (69) en (1), reduciendo términos y expresando el *ICOMO* en función de la coordenada espacial, se obtiene el *ICOMO* modelado bajo las condiciones antes expuestas.

Por supuesto, en la expresión (70), debe observarse que también la presión, temperatura, velocidades, profundidades y caudales tienen una dependencia temporal; razón por la que debe determinarse sus valores en forma experimental para un instante dado de tiempo; es decir, únicamente se requiere de la determinación experimental de las condiciones iniciales del modelo para generar teóricamente, mediante la expresión (70), un nuevo conjunto infinito de valores *ICOMO*.

Asimismo debe observarse que para la constante de reaeración k_a , se debe hacer uso de la fórmula de O'Connor-Dobbins, Churchill, Owens y Gibbs (expresiones (9), (10), (11)), según corresponda; en base a los valores experimentales de velocidad de la corriente y profundidad del río.

$$\begin{aligned}
& I_{\%Oxígeno} \\
& = \left\{ 100 \exp \left(139.344 - \frac{1.57550 \times 10^5}{T} + \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} - \frac{1.2438 \times 10^{10}}{T^3} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left[1 - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right] [0.999025 + 1.426 \right. \\
& \quad \times 10^{-5}(T + 273.15) - 6.436 \\
& \quad \times 10^{-8}(T + 273.15)^2] \left[- \frac{k_d(Q_{Río}C_{DBO_5 RíO} + Q_{Descarga}C_{DBO_5 Descarga})}{(k_a - k_d)(Q_{Río} + Q_{Descarga})} \left(\exp \left(-\frac{k_d}{v}x \right) \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \exp \left(-\frac{k_a}{v}x \right) \right) \right. \\
& \quad \left. + \left[\exp \left(-139.34411 + \frac{1.57550 \times 10^5}{T} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} \right. \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left(P - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (1 \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \right) \right] \\
& \quad / \left[\left(1 - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (0.999025 + 1.426 \right. \\
& \quad \times 10^{-5}(T + 273.15) - 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \left. \right] \\
& \quad - \exp \left(-\frac{k_a}{v}x \right) \left[- \frac{Q_{Río}C_{OD RíO} + Q_{Descarga}C_{OD Descarga}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}} \right. \\
& \quad \left. + \left(\exp \left(-139.34411 + \frac{1.57550 \times 10^5}{T} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} \right. \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left(P - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (1 \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \right) \right) \\
& \quad / \left[\left[1 - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right] [0.999025 + 1.426 \right. \\
& \quad \times 10^{-5}(T + 273.15) - 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2] \left. \right] \left. \right] \left. \right] \left. \right\} \\
& \quad / \left[\left(P - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (1 \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \right) \right] \left. \right]
\end{aligned} \tag{69}$$

$$\begin{aligned}
ICOMO(x) = & \frac{1}{3} \left\{ -0.49 \right. \\
& - \left\{ \exp \left(-139.34411 - \frac{1.57550 \times 10^5}{T} + \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} - \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} + \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left(1 \right. \right. \\
& - \left. \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (0.999025 + 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) - 6.436 \\
& \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \left[-\frac{k_d}{k_a - k_d} C_{DBO_0} \left(\exp \left(-\frac{k_d}{v} x \right) - \exp \left(-\frac{k_a}{v} x \right) \right) \right. \\
& + \left. \left[\exp \left(-139.34411 + \frac{1.57550 \times 10^5}{T} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left(P \right. \right. \\
& - \left. \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (1 - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2)) \right] \\
& / \left[\left(1 - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (0.999025 + 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) - 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \right] \\
& - \exp \left(-\frac{k_a}{v} x \right) \left(C_{OD_0} \right. \\
& + \exp \left(-139.34411 + \frac{1.57550 \times 10^5}{T} - \frac{6.642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1.243800 \times 10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949 \times 10^{11}}{T^4} \right) \left(P \right. \\
& - \left. \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) (1 \\
& - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2)) \left. \right] \left. \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& / \left[\left(P - \exp \left(11.8571 - \frac{3840.70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right) \right) \left(1 \right. \right. \\
& \left. \left. - P(0.000975 - 1.426 \times 10^{-5}(T + 273.15) + 6.436 \times 10^{-8}(T + 273.15)^2) \right) \right] + 0.70 \log_{10} \left[C_{DBO_0} \exp \left(-\frac{k_d}{v} x \right) \right] \\
& + 0.56 \log_{10} \left[C_{Col_0} \exp \left(-\frac{k_c}{v} x \right) \right] \Bigg\}
\end{aligned}
\tag{70}$$

Donde:

$$C_{DBO_0} = \frac{Q_{Río} C_{DBO_5 \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{DBO_5 \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}}$$

$$C_{Col_0} = \frac{Q_{Río} C_{Col \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{Col \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}}$$

$$C_{OD_0} = \frac{Q_{Río} C_{OD \text{ Río}} + Q_{Descarga} C_{OD \text{ Descarga}}}{Q_{Río} + Q_{Descarga}}$$

Para las constantes k_d , k_c y k_a , se aplicarán las correcciones por efecto de la temperatura (Chapra, 2008); esto es,

$$k_d = k_{d,20} 1.047^{T_c-20} \quad (71)$$

$$k_c = 0.8 \times k_{c,20} \times 1.07^{T_c-20} \quad (72)$$

$$k_a = k_{a,20} 1.024^{T_c-20} \quad (73)$$

Donde:

T_c = temperatura del agua en grados Celsius.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

La subcuenca del río Chambo desde el punto de vista geomorfológico es una subcuenca joven con pendiente fuertemente accidentada, donde su pendiente media es de 23.95%; estas características influyen en los procesos de autodepuración, ya que en ciertos tramos aumenta la velocidad de la corriente y con el golpeteo del agua con el lecho del río mejoran la concentración del *OD* a lo largo de la misma, bajando de forma natural la concentración de *DBO₅* y de coliformes totales; es decir por la naturaleza de la geomorfología natural de la subcuenta se produce una recuperación pasiva del río, concordando con lo manifestado por Simon Elliott (2010), quien considera que los ríos y arroyos de partes altas se recuperan fácilmente pero en su curso inferior la recuperación natural es lenta (p. 264).

La mayor actividad antrópica registrada en la zona es la agropecuaria, esta se asienta a lo largo del río, por lo que, de acuerdo con los resultados encontrados en el análisis de la *DBO₅*, *OD* y coliformes totales, muestran valores bajos en todo el trayecto del muestreo realizado en enero 2018 y que esta valoración preliminar muestra que no afecta al lecho del río. Más bien, según se observa en el Cuadro 17, los valores experimentales de la descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba al río es la que presenta mayores valores de concentraciones de *DBO₅* y coliformes totales; sin embargo, por la cantidad de agua que este posee respecto al volumen de la descarga permite la recuperación del mismo aguas abajo.

Los valores teóricos de *ICOMO* así como la determinación de los niveles de contaminación a lo largo de los 102 931 m del río Chambo se han realizado

en el mismo número de puntos (69 puntos) con el fin de poder compararlos entre sí. Pero, para llegar a alcanzar este objetivo se ha realizado previamente la validación de la modelización matemática en dos tramos a mucha menor escala: tramo del río Chibunga y tramo del río Chambo. La validación del modelo en el primer tramo de estudio permite, en primer lugar, verificar si la modelización de los parámetros que conforman el *ICOMO* es o no la adecuada y si los valores obtenidos por esta modelización se asemejan a los experimentales.

Así, para el primer tramo, los valores de los coeficientes de determinación obtenidos en los análisis de la dispersión entre valores experimentales y teóricos, según la Figura 35, muestran fiabilidad en la aplicación del modelo en los 3 puntos seleccionados para este fin. Una vez que se hace este primer paso, se realiza la misma valoración en el tramo del río Chambo, el mismo que se selecciona por su tipo de afectación antrópica presente, ya que como muestra el Cuadro 9, el río Chambo antes de la descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba posee valores bajos de DBO_5 y coliformes; así, se observa en la Figura 28 que la valoración mediante el coeficiente de determinación mantiene valores cercanos a 1 en lo que respecta a la DBO_5 y a coliformes totales, pero existe variación en el OD respecto al tramo del río Chibunga. Esto hace notar que los valores del OD son mucho más sensibles a la variación de los valores teóricos respecto a sus correspondientes valores experimentales.

La modelización del *ICOMO* para determinar el nivel de contaminación orgánica en el tramo del río Chibunga, indica que al inicio de este tramo (ver Cuadro 18), el río Chibunga ya posee altos niveles de contaminación orgánica; el afluente con su carga orgánica suma aún más a esta contaminación y después de 10 m de recorrido de este el río no es capaz de auto-depurarse, esto se observa en los 7 días de muestreo que se hacen para validar el método propuesto para esas condiciones y en ese tiempo. La causa principal de que este río se mantenga con esta carga orgánica elevada es porque la mayor parte de su lecho recibe descargas directas de agua residual de las poblaciones aledañas al mismo. La valoración del modelo mediante el

coeficiente de correlación muestra que la modelización matemática alcanza una gran capacidad de generar valores del *ICOMO* concordantes con los valores experimentales (ver Figura 35). Otra posible fuente de valoración del modelo sería la contrastación con los resultados obtenidos por otros investigadores; sin embargo, esto no es posible ya que, a pesar que existen algunos trabajos enfocados a la aplicación del índice de contaminación orgánica *ICOMO*, tales como el de Samboni et al., Valdes et al. (2011); estos se limitan a valorarlo en forma directa, sin modelización matemática alguna.

Por otra parte, los valores del *ICOMO* en el tramo del río Chambo son distintos a los obtenidos en el tramo del río Chibunga. Para el análisis del tramo del río Chambo se lo divide a este en dos sub-tramos: el primero entre la confluencia del río Chibunga con el Chambo y el agua residual de la ciudad de Riobamba; y el segundo sub-tramo desde la confluencia de estas aguas residuales hasta el puente del río Chambo. Los resultados obtenidos para el primer sub-tramo se muestran en el Cuadro 19 en el que se observa que la contaminación orgánica es baja, en cambio la contaminación orgánica después de la descarga de agua residual tiende a ser media-alta (Cuadro 19), recuperándose aguas abajo dependiendo el caudal del río al momento de las mediciones, en este caso la valoración obtenida es media-baja para los puntos de muestreo aguas abajo. Al igual que en el tramo del río Chibunga el coeficiente de correlación del *ICOMO* estudiado muestra que son semejantes los valores obtenidos con los datos de laboratorio respecto a los valores obtenido del proceso de modelización matemática (ver Figura 36), permitiendo de esta manera dar validez a la modelización matemática desarrollada en esta investigación.

La determinación experimental de los parámetros necesarios para hallar el *ICOMO* en el río Chambo se realiza tomando criterios técnicos como: medición de parámetros en el río antes de cada desembocadura de ríos principales a los largo del lecho del río Chambo, medición de parámetros en el río después de cada desembocadura, medición de parámetros en el río metros después de la desembocadura de río o descarga para valorar la contaminación orgánica y su evolución en el trayecto del río aguas abajo; otro

criterio que se usa para determinar los puntos de muestreo es la accesibilidad a los mismos, además del valor económico que representa realizar un muestreo de este tipo a lo largo del todo el río Chambo. En este contexto se determinan puntos de control donde se realiza la medición de los parámetros dejando algunos puntos sin muestreo y solo obtenidos mediante la modelización matemática propuesta. Así, el primer resultado que arroja la utilización de la modelización es la similitud en el comportamiento de los coeficientes de determinación para cada parámetro respecto al tramo del río Chambo, como muestra la Figura 30, con valores cercanos al 1 en la DBO_5 y coliformes y con valor de 0.73 para el OD . De igual manera se observa en las Figuras 31, 32 y 33 cómo actúa el OD , DBO_5 y coliformes totales respecto a la distancia, donde se encuentra que los valores teóricos tienen el mismo comportamiento a medida que se valora desde el inicio del río hasta la desembocadura. Además a esto, la valoración que se realiza entre OD versus DBO_5 muestra claramente que en los puntos de muestreo que tienen más concentración de OD existe menos carga orgánica de DBO_5 y viceversa (ver Figura 34).

Todas estas valoraciones preliminares muestran que el enfoque de las ecuaciones desarrolladas para el cálculo de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto son una buena aproximación con respecto a sus correspondientes valores experimentales.

Analizando los resultados en los diferentes tramos en que se ha dividido el río (ver Cuadro 20) se encuentra que en el tramo de Ozogoché la valoración del $ICOMO$ es muy baja, esto se debe a que este sector está en el límite del Parque Nacional Sangay, es decir no existe actividad antrópica que pueda cambiar las condiciones naturales del río. Lo mismo sucede desde el tramo Yasipán hasta Alao, la valoración de $ICOMO$ es muy baja, esta valoración resultante de una zona con poca carga orgánica, debido a la confluencia de varios ríos y además la poca actividad antropogénica. En el tramo Chibunga ya se ve la valoración baja y en la desembocadura se ve una valoración alta esto se debe a la descarga de agua residual presente en este sector y además a que el río Chibunga también recibe descargas de aguas negras en la parte

alta de su microcuenca. Desde este punto hasta la desembocadura se observan valoraciones que muestran baja contaminación orgánica, esto se debe al caudal mismo del río, a la geomorfología presente en este y a que se van uniendo más ríos aguas abajo, permitiendo la autodepuración de este.

Para contrastar los valores experimentales con los datos generados de la modelización se halló que el coeficiente de correlación de Spearman tiene un valor de $r_s = 0.985$, lo que muestra fiabilidad en la modelización matemática desarrollada en esta investigación. Y, más aun, se ha encontrado que los valores teóricos del *ICOMO* en el río Chambo, mediante la modelización matemática, son iguales a sus correspondientes valores *ICOMO* experimentales con un nivel de confianza del 95%, según se ha demostrado con la prueba de correlación de Spearman (ver sección 4.2 Prueba de hipótesis). Si bien no ha sido posible validar el modelo del *ICOMO* al compararlo con los modelos de *ICOMO* de otros autores, ya que no existen antecedentes de que otros lo hayan hecho, si debe tomarse como prueba de validación del modelo la fuerte correlación mostrada por el coeficiente de Correlación de Spearman tanto para los tramos del río Chibunga y del río Chambo así como para los 102 931 m del río Chambo.

Por supuesto, el modelo tiene sus limitaciones dadas por las suposiciones asumidas en su construcción; esto es: válido para régimen permanente, la concentración del compuesto contaminante varía solamente a lo largo del río, la difusión de la materia orgánica es despreciable, las concentraciones y velocidades son un promedio en una sección transversal del río, la DBO_5 es una medida de la cantidad de materia orgánica disponible, la descomposición de materia orgánica se da por una reacción de primer orden, el caudal y el área transversal son uniformes. Una de las consecuencia de esto es que pierde precisión cuando la longitud de los tramos entre descargas se incrementan, particularmente en lo que respecta a la concentración de oxígeno disuelto.

4.2. Pruebas de hipótesis

La aproximación del modelo matemático obtenido y dado por la expresión (70) es un modelo determinístico el cual al valorarlo al compararse con sus correspondientes valores experimentales se obtiene el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de los *ICOMO* experimentales y teóricos.

n	Valores de <i>ICOMO</i>	
	Experimentales	Teóricos
1	0.126316233	0.12631623
2	0.122890959	0.11843049
3	0.123780563	0.11835526
4	0.128758168	0.11817909
5	0.126316503	0.11591401
6	0.135749587	0.13574959
7	0.131218983	0.12675852
8	0.130095683	0.12675659
9	0.126316233	0.12675205
10	0.132167271	0.12669370
11	0.128758168	0.12636953
12	0.131134176	0.12604536
13	0.131578067	0.12572119
14	0.126316233	0.12539702
15	0.125072853	0.12507285
16	0.147612663	0.14761266
17	0.147414444	0.14308979
18	0.147764383	0.13949913
19	0.148433041	0.13911401
20	0.134162464	0.13416246
21	0.164840142	0.16484014
22	0.200439489	0.16675011
23	0.195947979	0.15116597
24	0.186240672	0.15111557
25	0.181567225	0.15046761
26	0.149027681	0.14902768
27	0.163725217	0.16372522
28	0.144681447	0.15996520
29	0.147803581	0.14113846

Continuación del Cuadro 4.

n	Valores de <i>ICOMO</i>	
	Experimentales	Teóricos
30	0.146426334	0.14111970
31	0.145404185	0.14087837
32	0.140156167	0.13953767
33	0.138196965	0.13819697
34	0.283036092	0.28303609
35	0.292246971	0.28532512
36	0.292573837	0.25430543
37	0.258640327	0.25237445
38	0.343569413	0.33450314
39	0.720784066	0.69873721
40	0.676601262	0.65353555
41	0.658633518	0.64051956
42	0.639909987	0.62750390
43	0.374916092	0.37491609
44	0.398745844	0.38727743
45	0.402410101	0.35345599
46	0.400567715	0.35205386
47	0.378209066	0.33402685
48	0.359567227	0.29396874
49	0.344443995	0.25391276
50	0.233371655	0.23337166
51	0.231731224	0.24350439
52	0.235515593	0.21939029
53	0.234117934	0.21937373
54	0.230168906	0.21916088
55	0.233032103	0.21868788
56	0.227296266	0.21821488
57	0.217741876	0.21774188
58	0.253108914	0.25310891
59	0.244632166	0.24654423
60	0.232895115	0.21779026
61	0.231278166	0.21758159
62	0.191415901	0.19141590
63	0.306490238	0.30649024
64	0.303941892	0.30267774
65	0.299381308	0.26814627
66	0.283956289	0.26793796
67	0.275463891	0.26525967
68	0.255005804	0.25930803
69	0.231116549	0.23996490

Los métodos estadísticos propuestos a continuación, son los necesarios para probar estadísticamente la hipótesis general que plantea:

“La modelización matemática del *ICOMO* permite determinar el nivel de contaminación orgánica del río Chambo.”

La hipótesis estadísticas planteada y que guardan consistencia con la hipótesis general planteada, son:

H_0 : No existen diferencias significativas entre los valores del *ICOMO* experimentales con los del *ICOMO* teóricos (generados por la modelización matemática) a un nivel de confianza del 95%.

H_1 : Existen diferencias significativas entre los valores del *ICOMO* experimentales con los del *ICOMO* teóricos (generados por la modelización matemática) a un nivel de confianza del 95%.

El proceso de análisis se realiza con la ayuda del paquete estadístico Minitab 18 y Excel 2016.

Puesto que para realizar un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias poblacionales de los dos métodos de cálculo se requiere cumplir los supuestos de normalidad de los residuos y de homocedasticidad (o varianza constante) se procede a analizar el supuesto de normalidad y luego, en caso de cumplirse el supuesto, el de homocedasticidad.

Para la verificación del supuesto de normalidad se hace uso de la prueba de Kolmogorov-Smirnov donde se plantean únicamente para esta prueba las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos se ajustan a una distribución normal.

H_1 : Los residuos no se ajustan a una distribución normal

La prueba de Kolmogorov -Smirnov con el estadístico de prueba KS se resume en la Figura 21.

De estos resultados al ser $p < 0.010$ y $\alpha = 0.05$ resulta que $p < \alpha$, lo que permite concluir que se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95% de que los residuos provienen de población con una distribución normal. Por tanto, no se puede aplicar un análisis ANOVA.

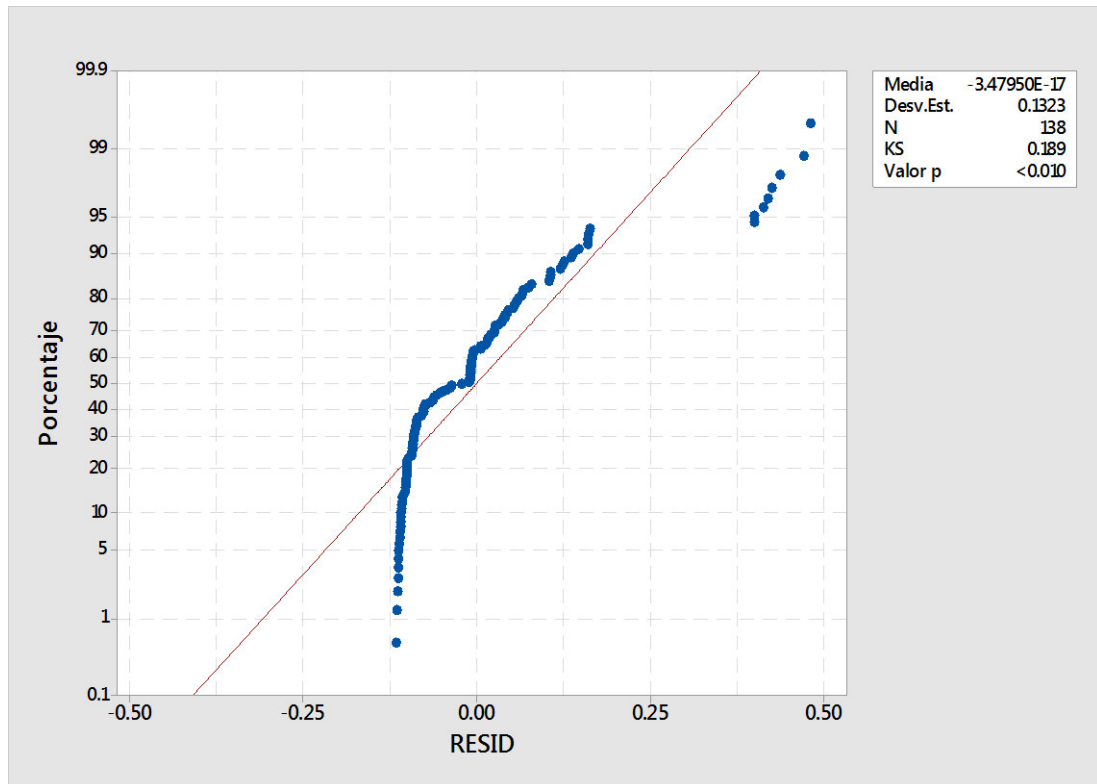


Figura 21. Gráfica de probabilidad de residuos para probar el supuesto de normalidad.

En el presente caso, la hipótesis general se la demuestra mediante la prueba de correlación de Spearman a dos colas. En este caso las hipótesis estadísticas que guardan consistencia con la hipótesis general planteada, son:

H_0 : El coeficiente de correlación de Spearman entre los valores de *ICOMO* experimentales con los del *ICOMO* teóricos no es diferente de cero: $r_s = 0$, a un nivel de confianza del 95%.

H_1 : El coeficiente de correlación de Spearman entre los valores de *ICOMO* experimentales con los del *ICOMO* teóricos es diferente de cero: $r_s \neq 0$, a un

nivel de confianza del 95%.

Ingresando las dos distribuciones al software estadístico SPSS se obtienen los resultados mostrados en el Cuadro 5

Cuadro 5. Correlación de Spearman entre valores experimentales y teóricos.

			Experimentales	Teóricos
Rho de Spearman	Experimentales	Coefficiente de correlación	1,000	,984**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	69	69
	Teóricos	Coefficiente de correlación	,984**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	69	69

Recordando la interpretación del valor-p como el nivel de significancia más pequeño tal que el resultado observado se consideraría significativo en todos los niveles mayores o iguales al valor-p, pero no significativo en ningún nivel más pequeño (Gibbons & Pratt, 1975); y tomando en cuenta que los resultados mostrados en el Cuadro 5 se verifica que el valor-p es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye que se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 ; es decir que coeficiente de correlación de Spearman entre los valores de *ICOMO* experimentales con los del *ICOMO* teóricos es diferente de cero: $r_s \neq 0$ a un nivel de confianza del 95%: la medición teórica y experimental tienen la misma tendencia.

Finalmente, la Figura 37 muestra en forma gráfica la fuerte correlación existente entre los valores de *ICOMO* experimentales con los *ICOMO* teóricos.

Respecto a las hipótesis específicas planteadas en esta investigación, que expresan:

1. “Los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales oxígeno disuelto se integran a través de una expresión matemática”
2. “La contaminación orgánica en el río Chambo es obtenida a partir de la modelización matemática.”

Puesto que en esta investigación la expresión obtenida de la modelización es una fórmula deducida por procedimientos analíticos de la matemática y no ni por métodos numéricos ni estadísticos, las hipótesis han quedado demostradas al haber conseguido 1) deducir, mediante procedimientos determinísticos, la expresión matemática (70) en la que se integran los tres parámetros mencionados; esto es, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y oxígeno disuelto; y 2) Haber obtenido la contaminación orgánica del río Chambo mediante la modelización matemática mostrada en el Cuadro 20.

4.3. Presentación de resultados

4.3.1. Validación de la modelización matemática para DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto en los tramos de estudio

Es de mucha importancia validar la modelización matemática desarrollada en esta investigación antes de aplicarla en la longitud de 102 931 m del río Chambo. Con este fin se toman dos tramos de estudio tal como muestra la Figura 22.

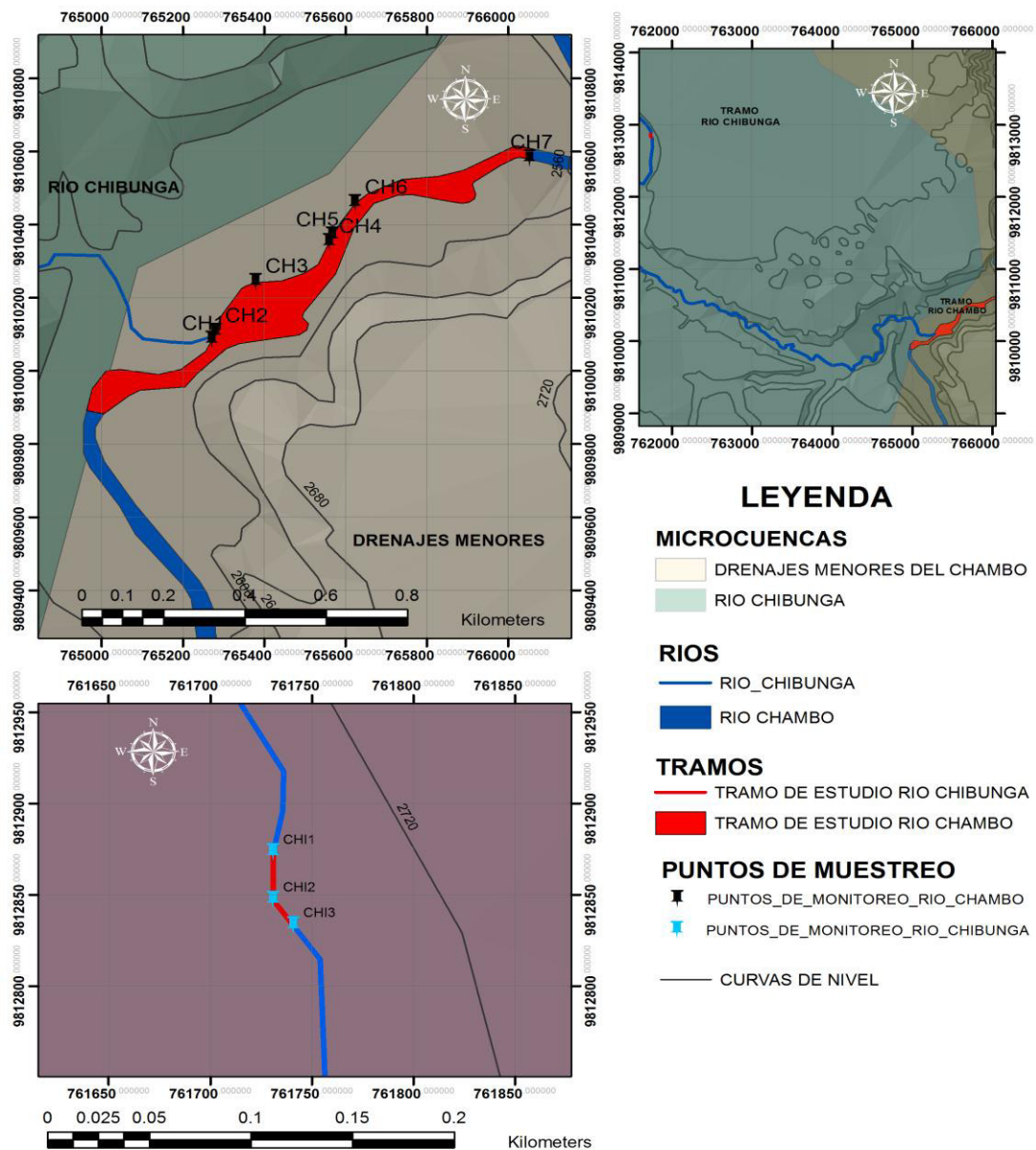


Figura 22. Tramos de estudio para validación del ICOMO.

La validación consiste en comparar valores experimentales obtenidos mediante análisis de laboratorio con los valores teóricos obtenidos de la modelización de *OD*, *DBO₅* y coliformes totales. El primer tramo de estudio se encuentra en la microcuenca del río Chibunga, este es afluente del río Chambo; la selección de este tramo de estudio es por el impacto de las descargas de agua residual de la ciudad de Riobamba y sus alrededores al mismo. Para esto se determina un área en la que está presente una descarga de agua residual cercana al parque Ecológico “Monseñor Leonidas Proaño”. El diseño del muestreo para este tramo es de 7 días, en 3 puntos (ver Cuadro 6), CHI1: 10 metros antes del afluente de agua residual, CHI2: en el afluente de agua residual y CHI3: 10 metros después del afluente de agua residual, de esta forma se llega a determinar el comportamiento del cauce, respecto al aporte de agua residual y el comportamiento de los parámetros que se utilizan en el *ICOMO*.

Cuadro 6. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el río Chibunga.

CÓDIGO DEL PUNTO	X	Y	ALTITUD (m s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
CHI1	761731	9812873	2683	10 m antes del afluente
CHI2	761731	9812847	2682	En la descarga
CHI3	761741	9812833	2681	10 m después del afluente

Los valores obtenidos de *DBO₅*, *OD*, coliformes totales, temperatura, presión atmosférica en los muestreos en el tramo de estudio descrito se presentan en el Cuadro 7.

Con estos datos experimentales en el río Chibunga se observa cómo el comportamiento en estos tres puntos es similar en el tiempo (ver Figura 23), por cuanto antes del afluente los valores de *DBO₅*, *OD* y coliformes totales son bajos; en el afluente se elevan y por efecto de la mezcla del afluente con el río en el tercer punto de muestreo estos descienden nuevamente.

Cuadro 7. Valores experimentales de OD, temperatura del agua, presión atmosférica, DBO₅ y coliformes totales en el río Chibunga.

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	OD (mg/L)	Temp. agua (°C)	Presión atmosférica (mmHg)	DBO ₅ (mg/L)	Coliformes totales (UFC/100 mL)
18/10/17	CHI-1	2.80	28.33	553.80	73.20	17200
	CHI-2	2.10	29.67	553.30	114.00	24350
	CHI-3	4.90	27.67	553.05	89.40	21050
19/10/17	CHI-1	3.27	22.53	552.55	80.60	52800
	CHI-2	2.60	22.10	551.80	116.00	57398
	CHI-3	5.30	21.90	551.80	102.00	52970
20/10/17	CHI-1	2.64	25.00	551.80	104.00	51500
	CHI-2	2.30	25.00	551.30	131.00	53915
	CHI-3	4.81	25.33	551.30	113.00	50600
23/10/17	CHI-1	2.41	21.47	553.05	97.30	31200
	CHI-2	1.91	21.37	552.80	133.00	42375
	CHI-3	5.10	21.03	552.55	124.00	39860
24/10/17	CHI-1	2.51	22.97	552.55	50.00	47200
	CHI-2	2.30	19.80	552.30	62.00	50600
	CHI-3	5.76	20.57	552.30	24.30	47230
25/10/17	CHI-1	4.81	22.53	552.30	66.00	39200
	CHI-2	3.50	20.77	552.55	109.00	54279
	CHI-3	5.60	21.70	552.05	69.10	46350
26/10/17	CHI-1	6.37	29.00	552.05	20.60	19200
	CHI-2	3.80	30.00	552.30	67.00	32367
	CHI-3	4.90	28.33	549.80	58.00	28693

Por otra parte, el segundo tramo de estudio se localiza en el río Chambo, de tal manera que permita realizar de manera consecutiva (7 días) la medición de parámetros in-situ y además sea representativa para la aplicación del *ICOMO*. Es así, que este tramo de estudio contiene a la desembocadura del río Chibunga y además la desembocadura de las aguas residuales provenientes de la ciudad de Riobamba. Este tramo comprende una longitud de 977 m del río Chambo donde se han seleccionado 7 puntos de muestreo tal como se describen en el Cuadro 8.

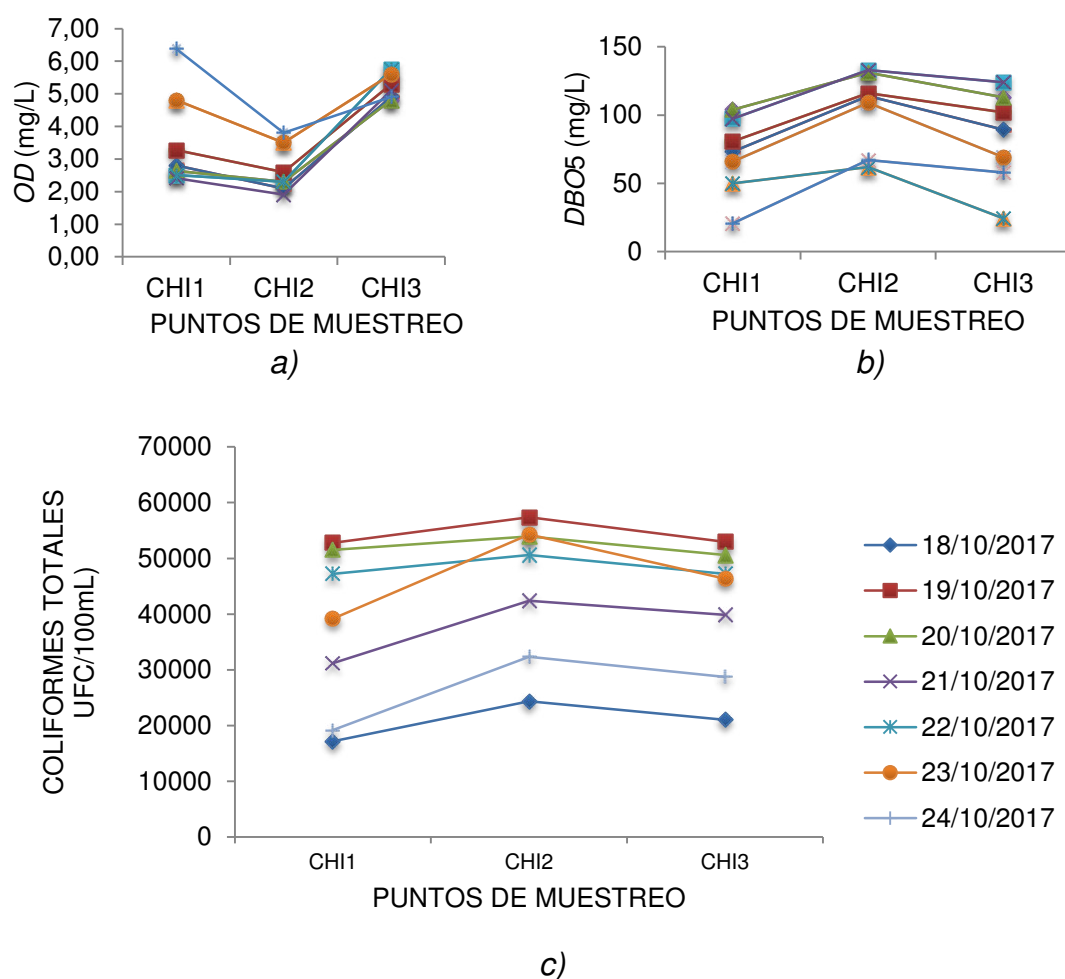


Figura 23. Comportamiento del OD (a), DBO₅ (b) y coliformes totales (c) en los puntos de muestreo del río Chibunga.

Cuadro 8. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el tramo del río Chambo.

CÓDIGO DEL PUNTO	X	Y	ALTITUD (m s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
CH1	764963	9809892	2609	En el río Chambo a 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
CH2	765102	9810088	2608	En el río Chambo a 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
CH3	765379	9810242	2605	En el río Chambo 190 m de la desembocadura del río Chibunga
CH4	765560	9810351	2605	En el río Chambo 10 m antes del afluente de agua residual
CH5	765567	9810369	2604	En el río Chambo 10 m después del afluente de agua residual
CH6	765625	9810450	2602	En el río Chambo 115 m después del afluente de agua residual
CH7	766054	9810581	2596	En el río Chambo 577 m después del afluente de agua residual

En el Cuadro 9 se presentan los valores medios de DBO_5 , OD y coliformes totales en los 7 puntos de monitoreo para 7 días en el tramo de estudio del río Chambo.

Cuadro 9. Valores experimentales de OD , DBO_5 y coliformes totales en el tramo del río Chambo.

FECHA	PUNTOS DE MUESTREO	OD (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)
10/10/17	CH1	6.56	12.4	285
	CH2	6.45	30.9	767
	CH3	6.55	27.9	703
	CH4	6.74	25.4	680
	CH5	6.29	56.7	2480
	CH6	6.53	45.8	2245
	CH7	6.58	18.0	1448
11/10/17	CH1	7.08	11.3	278
	CH2	7.02	28.3	723
	CH3	6.97	26.9	680
	CH4	6.98	23.4	630
	CH5	6.15	47.0	2301
	CH6	6.37	39.3	2113
	CH7	6.42	18.0	1454
12/10/17	CH1	7.04	9.2	249
	CH2	7.01	18.0	493
	CH3	7.02	17.4	470
	CH4	7.04	16.2	385
	CH5	6.35	34.6	1774
	CH6	6.75	30.5	1670
	CH7	6.81	17.5	1279
13/10/17	CH1	6.51	12.4	249
	CH2	7.01	27.7	710
	CH3	7.01	27.0	665
	CH4	7.02	25.0	615
	CH5	6.77	49.0	2414
	CH6	7.18	40.5	2197
	CH7	7.17	18.3	1517

Continuación del Cuadro 9.

FECHA	PUNTOS DE MUESTREO	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)
14/10/17	CH1	7.00	12.8	273
	CH2	6.69	26.5	679
	CH3	5.86	24.1	611
	CH4	6.60	23.5	579
	CH5	6.21	43.3	2178
	CH6	5.52	36.3	2003
	CH7	5.71	16.6	1388
16/10/17	CH1	7.19	13.9	240
	CH2	6.49	20.3	409
	CH3	6.38	19.5	391
	CH4	6.61	17.6	370
	CH5	6.26	33.8	1654
	CH6	7.23	32.3	1693
	CH7	7.33	18.2	1290
17/10/17	CH1	7.11	11.5	202
	CH2	6.61	17.0	376
	CH3	6.66	16.4	360
	CH4	6.74	14.0	315
	CH5	6.38	28.7	1543
	CH6	6.78	27.5	1455
	CH7	7.54	15.9	1220

El comportamiento del *OD*, *DBO₅* y coliformes totales en el tramo del río Chambo siguen el mismo esquema presente en el río Chibunga; es decir, aun cuando los valores de estos parámetros son diferentes en cada día de monitoreo, cumplen una tendencia por la presencia de la desembocadura del río Chibunga y la presencia de la descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba (ver Figura 24). Obsérvese que los mínimos en la Figura 24 a) corresponden a los puntos inmediatamente posteriores a las confluencias de las descargas del río Chibunga y del vertimiento de las aguas servidas de la ciudad de Riobamba, mientras que en la Figura 24 b) y c) los puntos máximos corresponden, respectivamente con los puntos inmediatamente posteriores a dichas descargas.

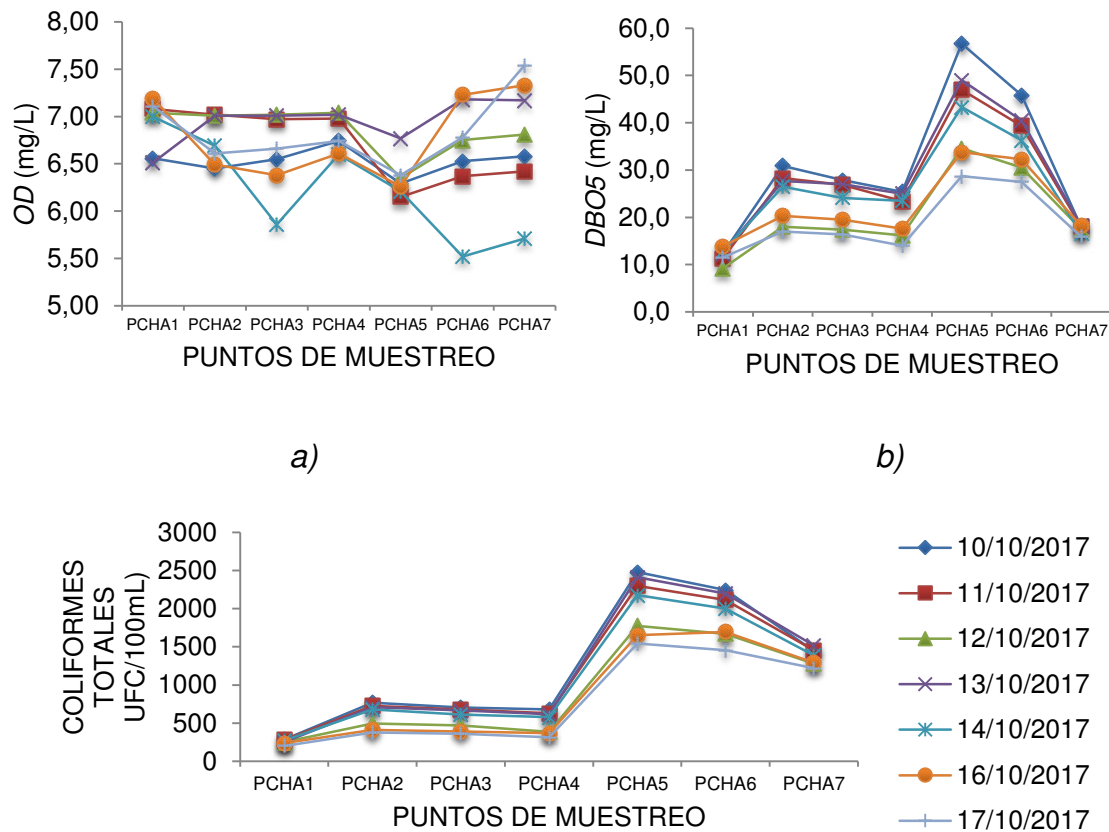


Figura 24. Comportamiento del OD (a), DBO_5 (b) y coliformes totales (c) en los puntos de muestreo en el tramo del río Chambo.

El Cuadro 10 establece las condiciones iniciales (valores experimentales) para la modelización del primer tramo; es decir el tramo del río Chibunga, donde H : profundidad media del río, $Q_{Río}$: caudal del río, $Q_{Descarga}$: caudal de la descarga hacia el río Chibunga, $C_{DBO_5 Río}$: concentración de DBO_5 en el río antes de la descarga, $C_{DBO_5 Descarga}$: concentración de DBO_5 en la descarga hacia el río Chibunga, $C_{Col Río}$: concentración de coliformes totales en el río antes de la descarga, $C_{Col Descarga}$: concentración de coliformes totales en la descarga hacia el río Chibunga, $C_{OD Río}$: concentración de oxígeno disuelto en el río antes de la descarga, $C_{Col Descarga}$: concentración de oxígeno disuelto en la descarga hacia el río Chibunga, v : es la velocidad media del río, k_d y k_c se deducen a partir de valores experimentales medidos en el río y k_a mediante la expresión (9), (10) u (11), según corresponda con los criterios dados en el Cuadro 3.

Cuadro 10. Parámetros de ingreso para la modelización matemática en el tramo del río Chibunga.

Parámetros	FECHAS						
	18/10/2017	19/10/2017	20/10/2017	21/10/2017	22/10/2017	23/10/2017	24/10/2017
H (m)	0.17	0.20	0.18	0.21	0.20	0.18	0.26
$Q_{Río}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.41	0.52	0.42	0.41	0.34	0.23	0.35
$Q_{Descarga}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.08	0.10	0.08	0.08	0.07	0.05	0.07
$C_{DBO_5 \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	73.2	80.6	104	97.3	50	66	20.6
$C_{DBO_5 \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	296	270	299	286	112	301	259
$C_{Col \text{ Río}}$ ($\frac{UFC}{100 \text{ mL}}$)	17200	52800	51500	31200	47200	39200	19200
$C_{Col \text{ Descarga}}$ ($\frac{UFC}{100 \text{ mL}}$)	46800	67200	68100	89000	50600	118400	79600
$C_{OD \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	2.80	3.27	2.64	2.41	2.51	4.81	6.37
$C_{OD \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	0.92	0.78	1.53	0.51	1.15	0.21	0.54
C_{DBO_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	109.87	111.20	134.91	128.90	60.29	108.07	60.49
C_{Col_0} ($\frac{UFC}{100 \text{ mL}}$)	22072	55127	54132	40880	47764	53379	29306
C_{OD_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	2.49	2.87	2.46	2.09	2.28	3.99	5.40
v ($m \cdot s^{-1}$)	0.60	0.67	0.60	0.60	0.50	0.34	0.51
k_d (d^{-1})	0.0126	0.0063	0.0113	0.0023	0.0457	0.0142	0.0020
k_c (d^{-1})	0.0030	0.0027	0.0042	0.0014	0.0006	0.0041	0.0010
k_a (d^{-1})	123.4735	85.3978	104.7452	68.0717	68.5090	61.4973	50.5498

Con los valores del Cuadro 10 se calculan los valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales, y OD en el tramo del río Chibunga usando las expresiones (38), (44) y (69), respectivamente (ver Cuadro 11). Por supuesto, para el cálculo del C_s en la expresión (69) se ha debido calcular previamente las expresiones (6), (7) y (8) de Benson y Krause (1984).

Cuadro 11. Valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales, y OD en el tramo del río Chibunga.

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	OD (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	Coliformes totales (UFC/100 mL)
18/10/17	CHI-1	2.80	73.2	17200
	CHI-2	2.49	109.9	22072
	CHI-3	5.64	89.4	21050
19/10/17	CHI-1	3.27	80.6	52800
	CHI-2	2.87	111.2	55127
	CHI-3	6.29	102.0	52970
20/10/17	CHI-1	2.64	104.0	51500
	CHI-2	2.46	134.9	54132
	CHI-3	5.87	113.0	50600
23/10/17	CHI-1	2.41	97.3	31200
	CHI-2	2.09	128.9	40880
	CHI-3	6.41	124.0	39860
24/10/17	CHI-1	2.51	50.0	47200
	CHI-2	2.28	60.3	47764
	CHI-3	6.46	24.3	47230
25/10/17	CHI-1	4.81	66.0	39200
	CHI-2	3.99	108.1	53379
	CHI-3	6.31	69.1	46350
26/10/17	CHI-1	6.37	20.6	19200
	CHI-2	5.40	60.5	29306
	CHI-3	5.54	58.0	28693

Los resultados de los Cuadros 10 y 11 se muestran en la Figura 25 para el 18/10/2017 de manera geográfica, mostrando para este día la similitud de la variación que existe entre los valores experimentales y teóricos.

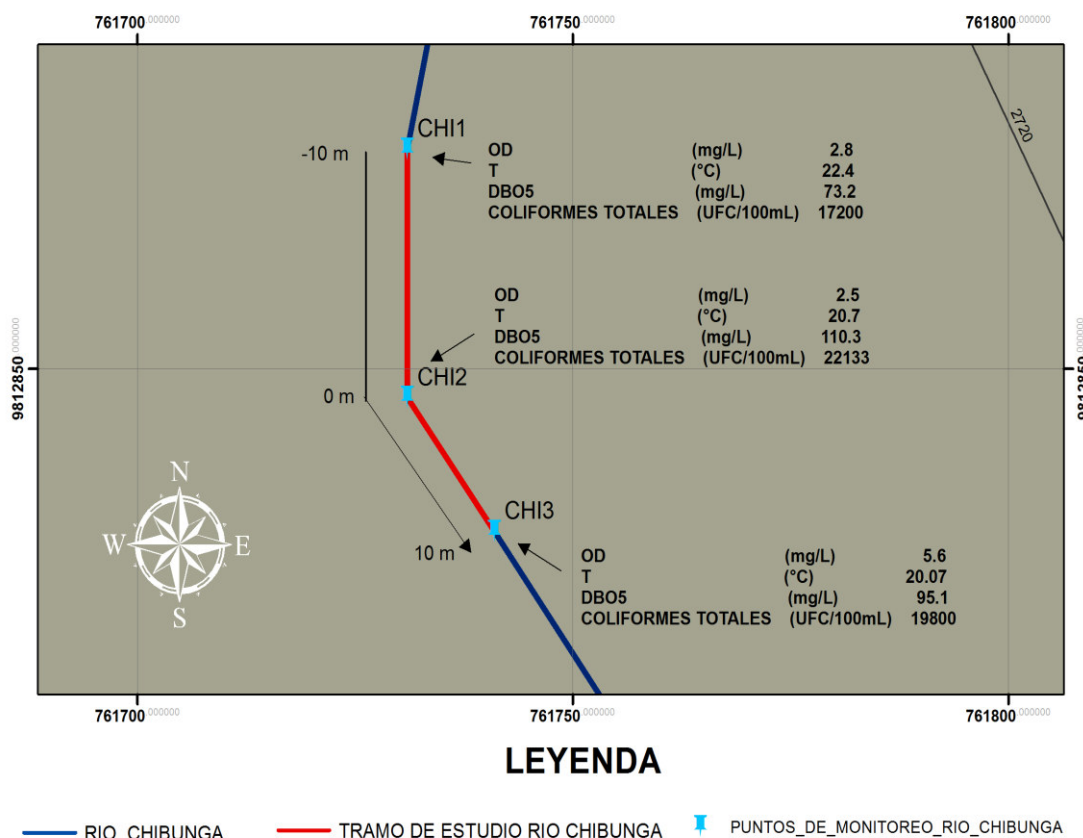


Figura 25. Comportamiento del OD (a), DBO_5 (b) y coliformes totales (c) en los puntos de muestreo del río Chibunga.

Para comparar los valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto con sus correspondientes valores experimentales se realiza un análisis mediante gráficas de dispersión. En la Figura 26 se observa como el coeficiente de determinación R^2 , presenta valores cercanos a 1, mostrando que el proceso desarrollado tiene la capacidad de reproducir aproximadamente los obtenidos en las mediciones experimentales.

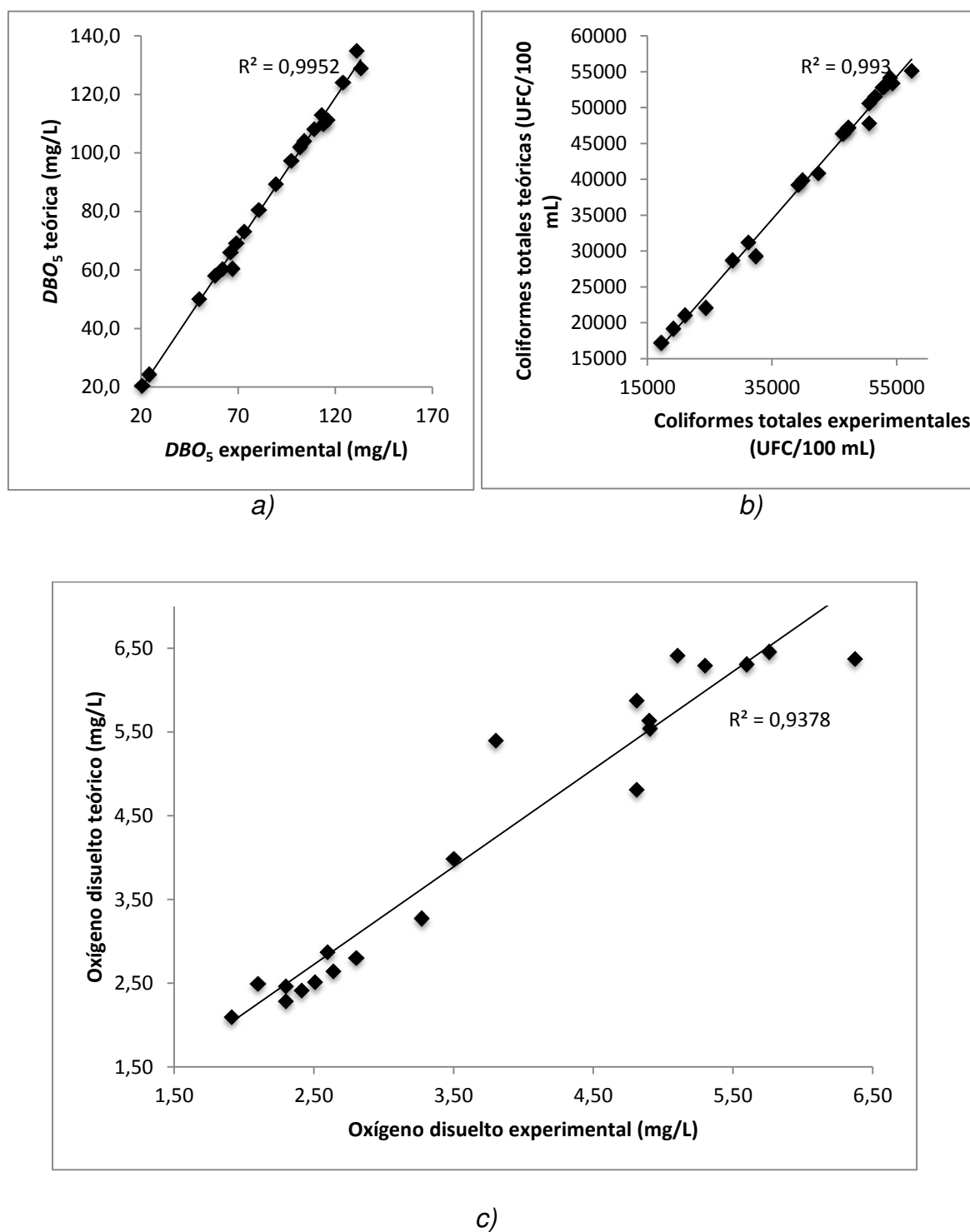


Figura 26. Comparación entre valores teóricos y experimentales para OD (a), DBO₅ (b) y coliformes totales (c) en el tramo del río Chibunga.

El mismo procedimiento utilizado en el tramo del río Chibunga se aplica para el tramo del río Chambo, donde los valores de ingreso para la modelización se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Parámetros de ingreso para la modelización matemática en el tramo del río Chambo.

Parámetros	10/10/2017 Chibunga – Desc. Rbba.	10/10/2017 Desc. Rbba. - Puente	11/10/2017 Chibunga - Desc. Rbba.	11/10/2017 Desc. Rbba. - Puente	12/10/2017 Chibunga - Desc. Rbba.	12/10/2017 Desc. Rbba. - Puente	13/10/2017 Chibunga-Des. Rbba.
H (m)	0.73	0.73	0.75	0.75	0.87	0.87	0.73
$Q_{Río}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	12.79	12.79	15.20	15.20	24.87	24.87	15.74
$Q_{Descarga}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.90	0.25	0.95	0.29	1.10	0.35	0.94
$C_{DBO_5 Río}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	12.4	25.4	11.3	23.4	9.2	16.2	12.4
$C_{DBO_5 Descarga}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	310	2290.0	290.0	1900.0	215.0	1700.0	275.0
$C_{Col Río} \left(\frac{UFC}{100 mL} \right)$	285	680	278	630	249	385	249
$C_{Col Descarga} \left(\frac{UFC}{100 mL} \right)$	8000	99800	7600	95300	5900	89700	7810
$C_{OD Río}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	6.56	6.74	7.08	6.98	7.04	7.04	6.51
$C_{OD Descarga}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	5.10	2.20	5.81	2.54	6.01	3.15	5.76
C_{DBO_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	31.96	68.82	27.69	58.53	17.92	39.56	27.20
$C_{Col_0} \left(\frac{UFC}{100 mL} \right)$	792	2580	709	2402	488	1624	675
C_{OD_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	6.46	6.65	7.01	6.90	7.00	6.99	6.47
v ($m \cdot s^{-1}$)	1.05	1.05	0.63	0.63	1.64	1.64	1.23
k_d (d^{-1})	0.0008	0.0025	0.0001	0.0013	0.0003	0.0024	0.0001
k_c (d^{-1})	0.0007	0.0011	0.0001	0.0006	0.0003	0.0007	0.0001
k_a (d^{-1})	8.5189	8.4325	5.0336	4.9425	9.9703	9.5604	10.3177

Continuación del Cuadro 12.

Parámetros	13/10/2017 Des. Rbba.- Puente	14/10/2017 Chibunga-Des. Rbba	14/10/2017 Des Rbba- Puente	16/10/2017 Chibunga-Des. Rbba.	16/10/2017 Des. Rbba.- Puente	17/10/2017 Chibunga-Des. Rbba.	17/10/2017 Des. Rbba.- Puente
H (m)	0.73	0.74	0.74	0.95	0.95	1.07	1.07
$Q_{Río}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	15.74	15.70	15.70	26.76	26.76	31.23	31.23
$Q_{Descarga}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.28	0.93	0.27	1.25	0.37	1.57	0.41
$C_{DBO_5 \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	25.0	12.8	23.5	13.9	17.6	11.5	14.0
$C_{DBO_5 \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	1870.0	269.0	1830.0	198.0	1530.0	150.0	1200.0
$C_{Col \text{ Río}}$ $\left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}}\right)$	615	273	579	240	370	202	315
$C_{Col \text{ Descarga}}$ $\left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}}\right)$	95410	7790	95460	4810	85200	4325	80320
$C_{OD \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	7.02	7.00	6.60	7.19	6.61	7.11	6.74
$C_{OD \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	2.67	5.74	2.58	6.21	3.42	6.33	3.75
C_{DBO_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	57.24	27.13	54.04	22.12	38.23	18.13	29.37
C_{Col_0} $\left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}}\right)$	2272	693	2183	444	1527	399	1352
C_{OD_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	6.94	6.93	6.53	7.15	6.57	7.07	6.70
v ($m \cdot s^{-1}$)	1.23	1.25	1.25	1.66	1.66	1.74	1.74
k_d (d^{-1})	0.0025	0.0008	0.0026	0.0012	0.0022	0.0010	0.0019
k_c (d^{-1})	0.0009	0.0009	0.0010	0.0012	0.0005	0.0010	0.0003
k_a (d^{-1})	9.9500	11.4867	11.8548	8.8434	8.3343	7.4239	7.0968

Con los valores del Cuadro 12 se calculan teóricamente los valores de DBO_5 , coliformes totales, y OD en el tramo del río Chambo (ver Cuadro 13) mediante las expresiones matemáticas (38), (44) y (69), respectivamente. Por supuesto, para el cálculo del C_s en la expresión (69) se ha debido calcular previamente las expresiones (6), (7) y (8) de Benson y Krause (1984).

Cuadro 13. Valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales, y OD en el tramo del río Chambo.

FECHA	PUNTOS DE MUESTREO	OD (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)
10/10/17	CH1	6.56	12.4	285
	CH2	6.47	32.0	792
	CH3	6.88	27.9	703
	CH4	6.74	25.4	680
	CH5	6.65	68.8	2580
	CH6	6.86	53.7	2318
	CH7	6.91	18.0	1448
11/10/17	CH1	7.08	11.3	278
	CH2	7.01	27.7	709
	CH3	6.76	26.9	680
	CH4	6.98	23.4	630
	CH5	6.90	58.5	2402
	CH6	6.81	47.0	2189
	CH7	6.86	18.0	1454
12/10/17	CH1	7.04	9.2	249
	CH2	7.00	17.9	488
	CH3	6.90	17.4	470
	CH4	7.04	16.2	385
	CH5	6.99	39.6	1624
	CH6	7.10	34.0	1554
	CH7	7.16	17.5	1279
13/10/17	CH1	6.51	12.4	249
	CH2	6.47	27.2	675
	CH3	6.79	27.0	665
	CH4	7.02	25.0	615
	CH5	6.94	57.2	2272
	CH6	7.02	46.3	2108
	CH7	7.01	18.3	1517

Continuación del Cuadro 13.

FECHA	PUNTOS DE MUESTREO	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)
14/10/17	CH1	7.00	12.8	273
	CH2	6.93	27.1	693
	CH3	6.16	24.1	611
	CH4	6.60	23.5	579
	CH5	6.53	54.0	2183
	CH6	5.81	43.4	2007
	CH7	6.00	16.6	1388
16/10/17	CH1	7.19	13.9	240
	CH2	7.14	22.1	444
	CH3	6.82	19.5	391
	CH4	6.61	17.6	370
	CH5	6.57	38.2	1527
	CH6	7.10	33.3	1480
	CH7	7.20	18.2	1290
17/10/17	CH1	7.11	11.5	202
	CH2	7.07	18.1	399
	CH3	7.00	16.4	360
	CH4	6.74	14.0	315
	CH5	6.70	29.4	1352
	CH6	7.13	26.2	1326
	CH7	7.30	15.9	1220

La Figura 27 muestra los valores obtenidos de la modelización matemática y presentados geográficamente para el tramo del río Chambo, evidenciando el comportamiento de los parámetros estudiados y la variación de estos por efecto de la presencia del afluente del río Chibunga y la descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba. Debe hacerse notar que a pesar de la similitud en cuanto al procedimiento seguido respecto al primer tramo, este segundo tramo de estudio contiene dos sub-tramos: uno que va desde la desembocadura del río Chibunga hasta inmediatamente antes de la desembocadura de las aguas servidas de la ciudad de Riobamba y el segundo sub-tramo desde la desembocadura de aguas servidas hasta llegar al punto CH7.

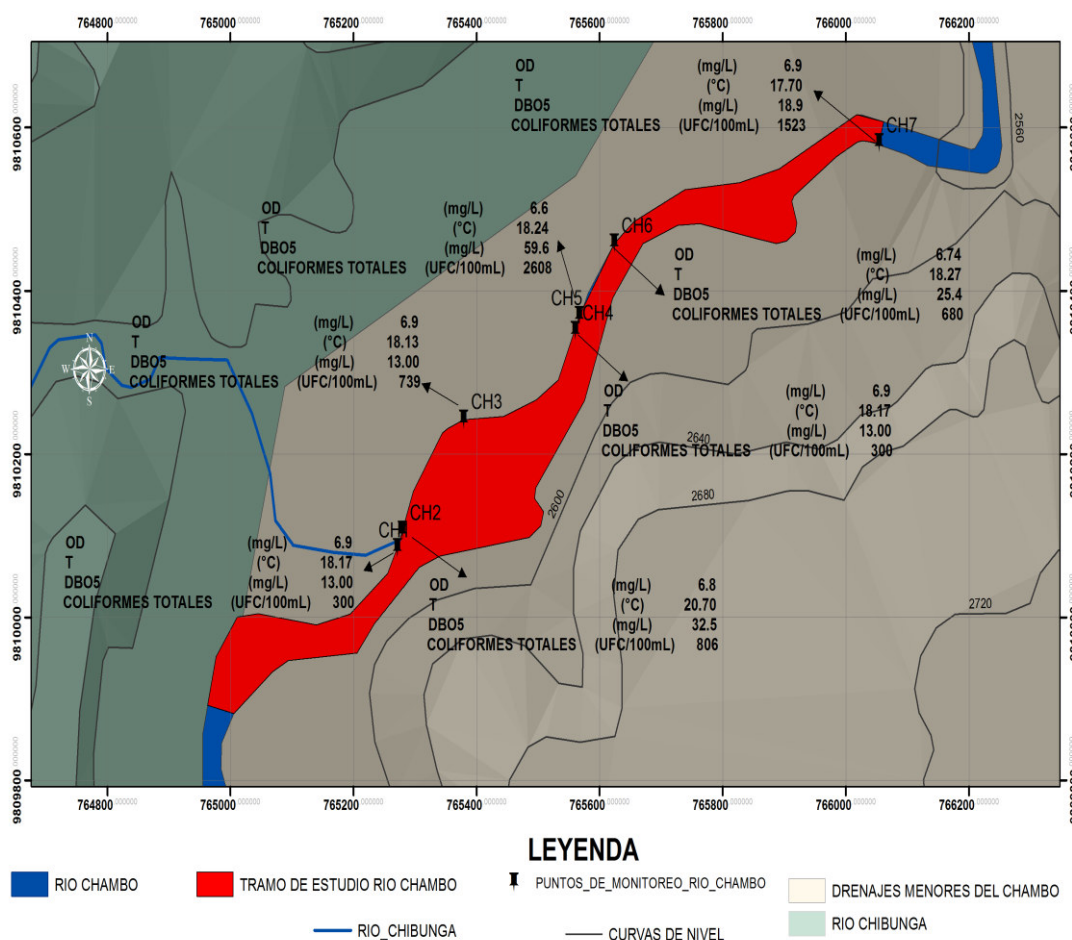


Figura 27. Comportamiento del OD (a), DBO₅ (b) y coliformes totales (c) en los puntos de muestreo en el tramo del río Chambo.

De la misma manera que se procedió para el tramo del río Chibunga, se comparan valores experimentales y teóricos en el tramo del río Chambo mediante el coeficiente de determinación, aquí la dispersión para la DBO₅ y las coliformes totales muestran valores cercanos a 1, y para el OD en cambio se observa un valor de 0.5921, lo que indica que a medida que la modelización matemática se aplica en tramos más largos, el cálculo de OD se hace menos preciso (ver Figura 28).

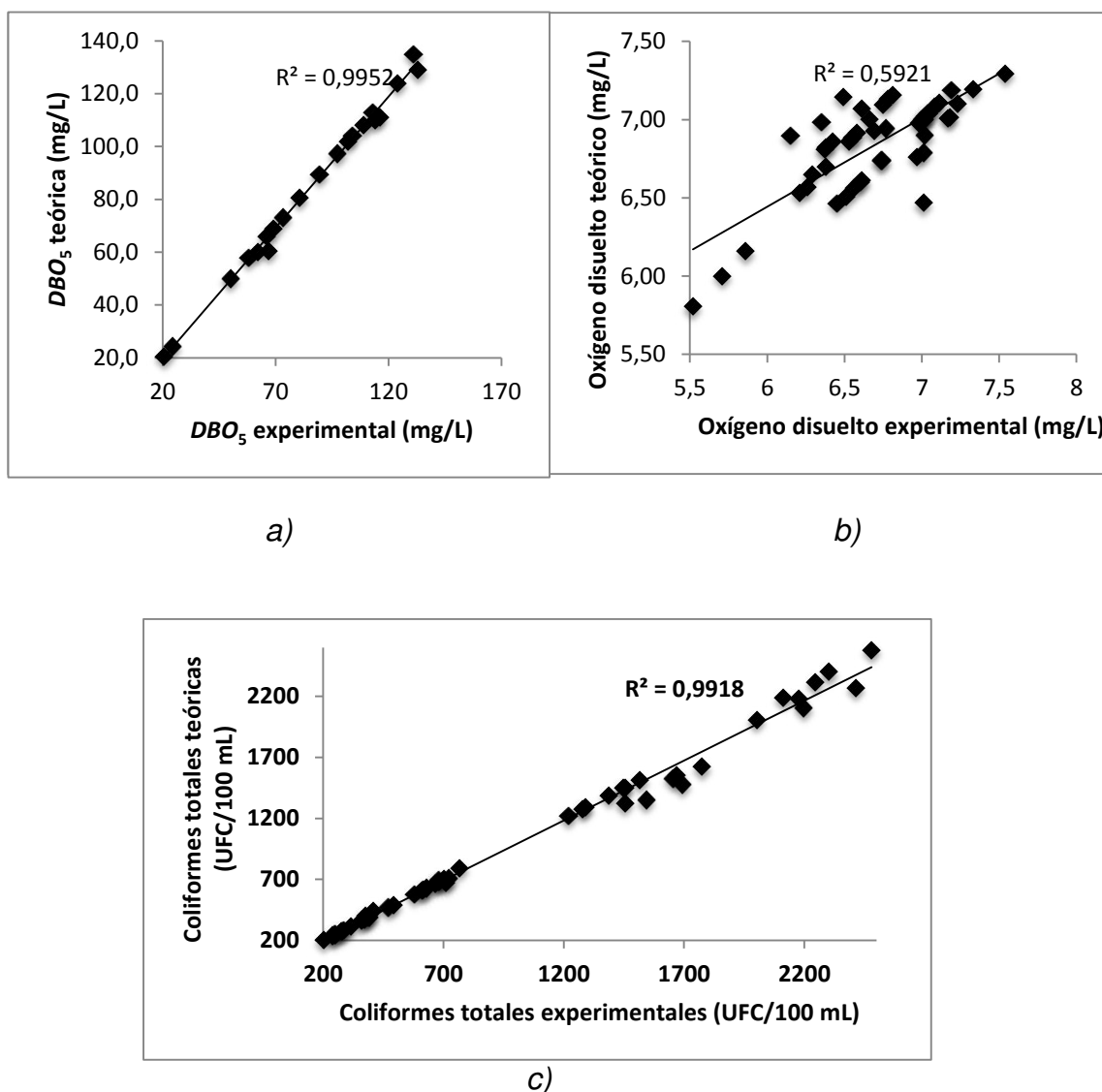


Figura 28. Comparación entre valores experimentales y teóricos para OD (a), DBO_5 (b) y coliformes totales (c) en el tramo del río Chambo.

4.3.2. Validación de la modelización matemática para DBO_5 , coliformes totales y oxígeno en el río Chambo.

Para la determinación de OD, DBO_5 y coliformes totales mediante la modelización matemática desarrollada en esta investigación, así como también para las mediciones experimentales se han establecido 80 puntos de análisis, divididos entre 69 puntos a lo largo de los 102 931 m del río Chambo, una descarga directa de la ciudad de Riobamba y 10 afluentes (ver Figura 29). Tanto en la parte superior derecha de la Figura 29 así como en el Cuadro 14 se muestran solamente los 69 puntos de muestreo sobre el río Chambo y no

el de los 11 puntos restantes ya que son insumos del modelo. No se han realizado tomas de muestras en la parte alta del río Chambo, ya que esta zona se encuentra dentro del Parque Nacional Sangay, pues para poder realizar mediciones en esta zona es necesario contar con permisos del Ministerio del Ambiente, lo que implica meses en trámites burocráticos y sin la garantía de que se obtenga la aprobación. Además en esta zona, por el hecho de ser parque nacional, no se observa la influencia de actividades antrópicas, y el punto de inicio del muestreo se encuentra en la zona de amortiguamiento entre el parque y la población más cercana.

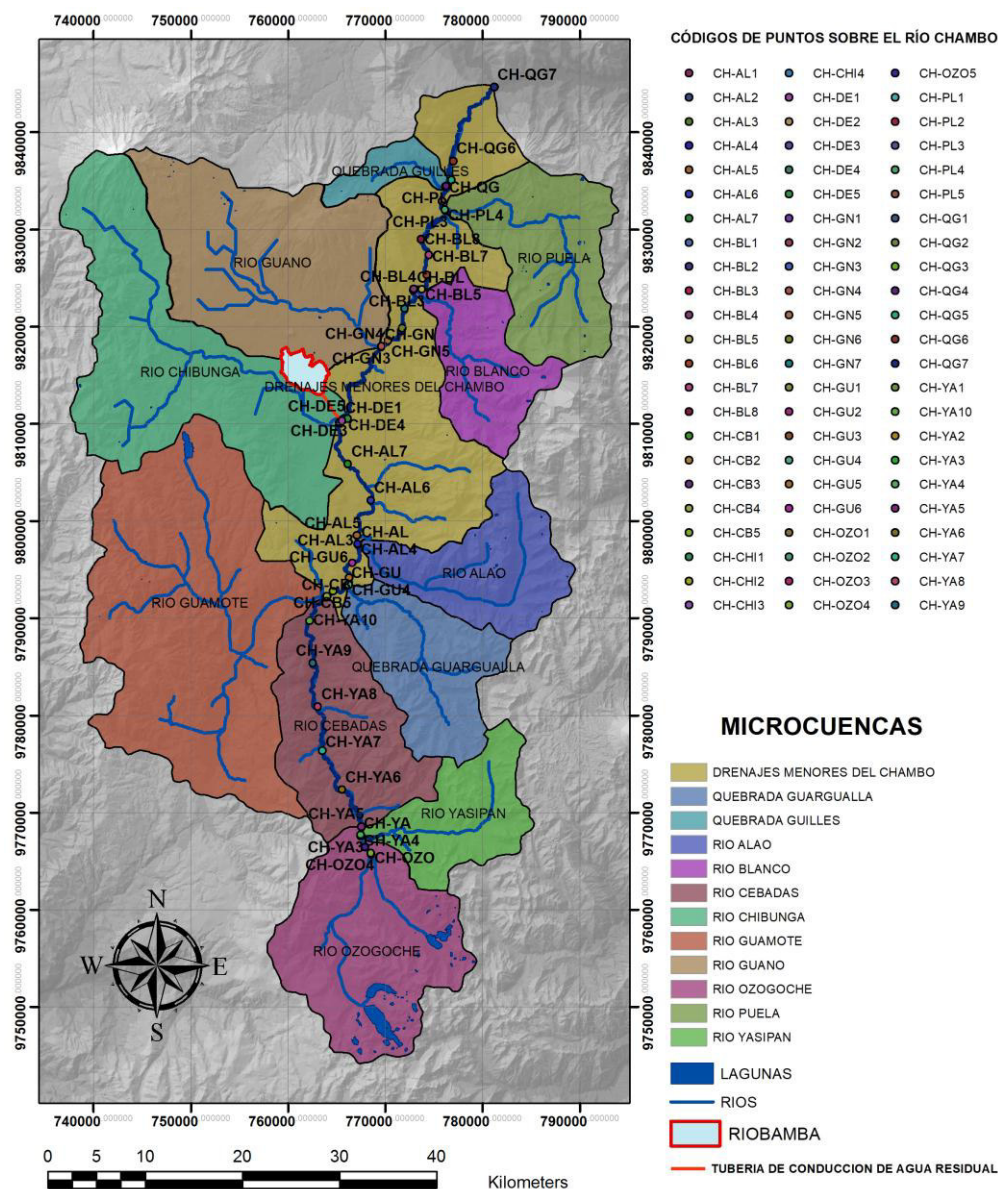


Figura 29. Puntos de muestreo en el río Chambo

Como complemento a la identificación de los puntos de muestreo presentados en la Figura 29, se detallan en el Cuadro 14 sus coordenadas UTM de ubicación y sus distancias medidas desde el primer punto (CH-OZO1) siguiendo el curso del río Chambo.

Cuadro 14. Identificación de los puntos de muestreo en el río Chambo.

CÓDIGO DEL PUNTO	COORDENADAS UTM		Distancia (m)
	X	Y	
CH-OZO1	768570	9765739	0
CH-OZO2	768561	9765773	20
CH-OZO3	768547	9765773	30
CH-OZO4	768518	9765837	130
CH-OZO5	767920	9766457	1030
CH-YA1	767447	9767599	2040
CH-YA2	767444	9767620	2060
CH-YA3	767441	9767640	2090
CH-YA4	767439	9767709	2190
CH-YA5	767538	9768569	3090
CH-YA6	765537	9772370	8090
CH-YA7	763506	9776378	13090
CH-YA8	763070	9780905	18090
CH-YA9	762558	9785394	23090
CH-YA10	762212	9789738	28090
CH-CB1	763914	9792171	32165
CH-CB2	763933	9792181	32185
CH-CB3	763946	9792196	32215
CH-CB4	763997	9792245	32315
CH-CB5	764634	9792789	33315
CH-GU1	766124	9793391	35678
CH-GU2	766144	9793396	35698
CH-GU3	766161	9793405	35728
CH-GU4	766225	9793436	35828
CH-GU5	766262	9794159	36828
CH-GU6	766596	9795686	39828
CH-AL1	767194	9797558	42334
CH-AL2	767190	9797577	42354
CH-AL3	767180	9797595	42384
CH-AL4	767148	9797657	42484
CH-AL5	767072	9798528	43484

Continuación del Cuadro 14.

CÓDIGO DEL PUNTO	COORDENADAS UTM		Distancia (m)
	X	Y	
CH-AL6	768527	9802139	48484
CH-AL7	766164	9805890	53484
CH-CHI1	764963	9809892	60513
CH-CHI2	765102	9810088	60533
CH-CHI3	765288	9810132	60563
CH-CHI4	765340	9810219	60663
CH-DE1	765560	9810351	60893
CH-DE2	765567	9810369	60913
CH-DE3	766292	9811774	62913
CH-DE4	766078	9813657	64913
CH-DE5	765567	9814419	66913
CH-GN1	769562	9817911	71556
CH-GN2	769573	9817929	71576
CH-GN3	769585	9817945	71606
CH-GN4	769627	9818003	71706
CH-GN5	770284	9818602	72706
CH-GN6	771754	9819856	74706
CH-GN7	771992	9821864	76706
CH-BL1	772896	9823771	79328
CH-BL2	772899	9823792	79348
CH-BL3	772901	9823812	79378
CH-BL4	772909	9823883	79478
CH-BL5	773777	9823846	80478
CH-BL6	774258	9825339	82478
CH-BL7	774490	9827389	84478
CH-BL8	773676	9829006	86478
CH-PL1	776173	9831951	90589
CH-PL2	776169	9831972	90609
CH-PL3	776160	9831989	90639
CH-PL4	776132	9832053	90739
CH-PL5	775847	9832905	91739
CH-QG1	776171	9834394	93281
CH-QG2	776181	9834410	93301
CH-QG3	776197	9834424	93331
CH-QG4	776251	9834470	93431
CH-QG5	776829	9835108	94431
CH-QG6	776969	9837062	96431
CH-QG7	781214	9844651	102931

Por otro lado, el Cuadro 15 establece las condiciones iniciales (que en su mayoría son mediciones experimentales) para la modelización, donde H :

profundidad media del río, $Q_{Río}$: caudal del río antes de la confluencia con la descarga, $Q_{Descarga}$: caudal de la descarga antes de la confluencia con el río Chambo, $C_{DBO_5 Río}$: concentración de DBO_5 en el río antes de la descarga, $C_{DBO_5 Descarga}$: concentración de DBO_5 en la descarga antes de la confluencia con el río Chambo, $C_{Col Río}$: concentración de coliformes totales en el río antes de la descarga, $C_{Col Descarga}$: concentración de coliformes totales en la descarga antes de la confluencia con el río Chambo, $C_{OD Río}$: concentración de oxígeno disuelto en el río antes de la descarga, $C_{Col Descarga}$: concentración de oxígeno disuelto en la descarga antes de la confluencia con el río Chambo, C_{DBO_0} , C_{Col_0} y C_{OD_0} son las concentraciones iniciales de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto, respectivamente, en el río Chambo inmediatamente después de las descargas de cada uno de los afluentes mostrados en el encabezado de cada columna y calculadas con las expresiones matemáticas (64), (41) y (63), respectivamente; v : es la velocidad media del río, k_d y k_c se deducen a partir de valores experimentales medidos en el río y k_a mediante la expresión (9), (10) u (11), según corresponda con los criterios dados en el Cuadro 3.

Se debe tener presente que la medición de cada uno de los parámetros indicados en la primera columna del Cuadro 15 no se la hace por una sola vez sino para cada uno de los tramos comprendidos entre afluentes contiguos, pues en general sus valores no permanecen constantes. Así, a modo de ejemplo, se puede observar que la profundidad del río Chambo va cambiando aguas abajo y generalmente su promedio va aumentando como consecuencia natural de lo que los diferentes ríos vierten sus respectivas aguas al río Chambo. Asimismo, la utilización de las expresiones matemáticas indicadas en el párrafo anterior deben utilizarse repetidamente tramo por tramo hasta cubrir toda la longitud del río. Por supuesto este procedimiento puede continuar con tal de que se vayan suministrando los datos de caudales, concentraciones de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno disuelto para cada nuevo afluente o descarga al río Chambo, además de temperaturas, velocidades y profundidades medias en cada tramo del río Chambo.

INGRESO DE LAS CONDICIONES INICIALES PARA LA
MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN LOS DIFERENTES
TRAMOS DEL RÍO CHAMBO

DISTANCIA CUBIERTA 102 931 m

Cuadro 15 Parámetros de ingreso para la modelización matemática en el río Chambo.

Parámetros	12/1/2018 Río Ozogoché	12/1/2018 Río Yasipán	12/1/2018 Río Cebadas	12/1/2018 Río Guarguallá	12/1/2018 Río Alao	12/1/2018 Río Chibunga
H (m)	0.45	0.68	0.76	0.86	0.78	0.97
$Q_{Río}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	7.97	11.47	15.45	17.95	22.47	27.63
$Q_{Descarga}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	3.53	3.92	2.50	4.56	5.35	1.15
$C_{DBO_5 \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	4.1	4.5	4.9	5.2	4.9	6.7
$C_{DBO_5 \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	3.1	3.0	3.3	5.4	4.1	12.6
$C_{Col \text{ Río}} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	31	27	43	250	315	970
$C_{Col \text{ Descarga}} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	23	34	24	1400	100	379
$C_{OD \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	7.31	7.14	7.12	6.90	6.87	6.30
$C_{OD \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	7.16	7.05	7.09	6.78	6.93	5.90
C_{DBO_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	3.79	4.12	4.68	5.24	4.75	6.94
$C_{Col_0} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	29	29	40	483	274	946
C_{OD_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	7.26	7.12	7.12	6.88	6.88	6.28
v ($m \cdot s^{-1}$)	0.90	0.89	0.76	0.65	0.74	0.96
k_d (d^{-1})	2.23523E-05	5.694E-07	4.12613E-05	4.618E-06	1.958E-06	2.323E-06
k_c (d^{-1})	5.00599E-05	3.481E-06	2.59334E-05	4.059E-06	1.404E-06	0.0003238
k_a (d^{-1})	14.46906301	7.1806361	5.314441265	3.6913282	4.9209558	4.8450025

Continuación del Cuadro 15.

Parámetros	12/1/2018	12/1/2018	12/1/2018	12/1/2018	12/1/2018
	Des. Rbba.	Río Guano	Río Blanco	Río Puela	Quebrada Guilles
H (m)	0.99	1.00	1.06	1.30	1.87
$Q_{Río}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	28.76	29.05	30.93	37.84	54.37
$Q_{Descarga}$ ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.45	1.79	6.78	16.64	2.26
$C_{DBO_5 \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	9.7	11.3	9.5	9.8	10.2
$C_{DBO_5 \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	1430.0	40.5	13.8	3.4	4.3
$C_{Col \text{ Río}} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	1150	1520	378	430	715
$C_{Col \text{ Descarga}} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	85420	530	287	700	521
$C_{OD \text{ Río}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	6.10	6.21	6.35	6.05	6.13
$C_{OD \text{ Descarga}}$ ($mg \cdot L^{-1}$)	2.87	5.74	6.10	6.71	6.42
C_{DBO_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	31.58	12.99	10.27	7.85	9.96
$C_{Col_0} \left(\frac{UFC}{100 \text{ mL}} \right)$	2448	1463	362	512	707
C_{OD_0} ($mg \cdot L^{-1}$)	6.05	6.18	6.31	6.25	6.14
v ($m \cdot s^{-1}$)	1.01	0.93	0.96	0.61	0.55
k_d (d^{-1})	6.485E-05	0.0001768	2.24E-06	3.97E-06	1.541E-05
k_c (d^{-1})	2.882E-05	8.794E-06	7.257E-06	1.747E-05	9.29E-07
k_a (d^{-1})	4.9347274	4.6752887	4.3900444	1.983823	0.9757997

Con los valores del Cuadro 15 se calculan los valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales, y OD a lo largo del río Chambo usando repetidamente las expresiones (38), (41) y (65), respectivamente (ver Cuadro 16). Por supuesto, para el cálculo del C_s en la expresión (65) se ha debido calcular previamente las expresiones (6), (7) y (8) de Benson y Krause (1984); además teniendo presente que C_s realmente no es una constante, se debe realizar su determinación teórica tantas veces como puntos se establezcan.

Cuadro 16. Valores teóricos de DBO_5 , coliformes totales, y OD en el río Chambo.

RÍO	PUNTOS	DBO_5 (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)	OD (mg/L)
OZOGOCHE	CH-OZO1	4.10	31	7.31
	CH-OZO2	3.79	29	7.26
	CH-OZO3	3.79	28	7.07
	CH-OZO4	3.78	28	7.07
	CH-OZO5	3.70	27	7.06
YASIPÁN	CH-YA1	4.50	27	7.14
	CH-YA2	4.12	29	7.12
	CH-YA3	4.12	29	7.12
	CH-YA4	4.12	29	7.12
	CH-YA5	4.12	29	7.10
	CH-YA6	4.10	28	7.15
	CH-YA7	4.09	28	7.24
	CH-YA8	4.08	27	7.32
	CH-YA9	4.06	27	7.39
	CH-YA10	4.05	26	7.39
CEBADAS	CH-CB1	4.90	43	7.12
	CH-CB2	4.68	40	7.12
	CH-CB3	4.67	40	7.19
	CH-CB4	4.65	40	7.19
	CH-CB5	4.43	39	7.19
GUARGUALLÁ	CH-GU1	5.20	250	6.90
	CH-GU2	5.24	483	6.88
	CH-GU3	5.24	483	7.21
	CH-GU4	5.24	483	7.21
	CH-GU5	5.20	480	7.21
	CH-GU6	5.13	474	7.22

Continuación del Cuadro 16.

RÍO	PUNTOS	DBO ₅ (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)	OD (mg/L)
ALAO	CH-AL1	4.90	315	6.87
	CH-AL2	4.75	274	6.88
	CH-AL3	4.75	274	7.29
	CH-AL4	4.74	274	7.29
	CH-AL5	4.73	273	7.29
	CH-AL6	4.67	271	7.34
	CH-AL7	4.61	268	7.41
CHIBUNGA	CH-CHI1	6.70	970	6.30
	CH-CHI2	6.94	946	6.28
	CH-CHI3	6.94	937	6.91
	CH-CHI4	6.93	915	6.91
DESCARGA RIOBAMBA	CH-DE1	9.70	1150	6.10
	CH-DE2	31.58	2448	6.05
	CH-DE3	27.77	2312	6.90
	CH-DE4	24.43	2184	6.93
	CH-DE5	21.48	2063	6.93
GUANO	CH-GN1	11.30	1520	6.21
	CH-GN2	12.99	1463	6.18
	CH-GN3	12.92	1462	6.87
	CH-GN4	12.75	1461	6.87
	CH-GN5	10.75	1449	6.87
	CH-GN6	7.35	1422	6.89
	CH-GN7	5.02	1395	6.80
BLANCO	CH-BL1	9.50	378	6.35
	CH-BL2	10.27	362	6.31
	CH-BL3	10.27	362	6.80
	CH-BL4	10.27	361	6.80
	CH-BL5	10.25	359	6.80
	CH-BL6	10.20	354	6.81
	CH-BL7	10.15	348	6.84
	CH-BL8	10.11	343	6.84
PUELA	CH-PL1	9.80	430	6.05
	CH-PL2	7.85	512	6.25
	CH-PL3	7.84	512	6.84
	CH-PL4	7.84	511	6.84
	CH-PL5	7.79	498	6.86
GUILLES	CH-QG1	10.20	715	6.13
	CH-QG2	9.96	707	6.14
	CH-QG3	9.96	707	6.85
	CH-QG4	9.94	707	6.85
	CH-QG5	9.69	706	6.87
	CH-QG6	9.16	704	6.83
	CH-QG7	7.64	696	7.19

En el Cuadro 17 se presentan los valores experimentales en puntos de control de DBO_5 , coliformes totales, y OD , estos valores son obtenidos en el muestreo realizado el 12/01/18, los que sirven para verificar si el modelo obtenido es capaz de reproducir estos valores a lo largo de los 102 931 m del río Chambo.

Cuadro 17. Valores experimentales de DBO_5 , OD y coliformes totales en puntos de control del río Chambo.

RÍO	PUNTOS	DBO_5 (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)	OD (mg/L)
OZOGOCHE	CH-OZO1	4.1	31	7.31
	CH-OZO2	4.0	33	7.37
	CH-OZO3	4.0	44	7.18
	CH- OZO4	4.2	35	7.09
	CH-OZO5	4.1	27	7.06
YASIPÁN	CH-YA1	4.5	27	7.14
	CH-YA2	4.3	38	7.36
	CH-YA3	4.3	35	7.42
	CH-YA4	4.1	32	7.32
	CH-YA5	4.3	35	7.29
	CH-YA6	4.2	31	7.31
	CH-YA7	4.3	36	7.41
	CH-YA8	4.3	36	7.50
	CH-YA9	4.1	29	7.47
	CH-YA10	4.1	26	7.39
CEBADAS	CH-CB1	4.9	43	7.12
	CH-CB2	5.0	57	7.49
	CH-CB3	5.1	49	7.42
	CH-CB4	5.1	41	7.27
	CH-CB5	4.4	39	7.19
GUARGUALLÁ	CH-GU1	5.2	250	6.90
	CH-GU2	5.5	650	7.30
	CH-GU3	5.6	596	7.52
	CH-GU4	5.2	580	7.41
	CH-GU5	5.5	515	7.37
	CH-GU6	5.1	474	7.22
ALAO	CH-AL1	4.9	315	6.87
	CH-AL2	4.9	332	7.45
	CH-AL3	5.1	338	7.82
	CH-AL4	5.0	321	7.69
	CH-AL5	4.9	310	7.61
	CH-AL6	4.7	298	7.48
	CH-AL7	4.6	268	7.41

Continuación del Cuadro 17.

RÍO	PUNTOS	DBO ₅ (mg/L)	COL. TOTALES (UFC/100 mL)	OD (mg/L)
CHIBUNGA	CH-CHI1	6.7	970	6.30
	CH-CHI2	7.0	1063	6.36
	CH-CHI3	7.1	1137	6.49
	CH-CHI4	6.9	915	6.78
DESCARGA RIOBAMBA	CH-DE1	9.7	1150	6.10
	CH-DE2	35.0	2520	5.78
	CH-DE3	26.2	2514	6.30
	CH-DE4	23.6	2323	6.48
	CH-DE5	19.9	2063	6.51
GUANO	CH-GN1	11.3	1520	6.21
	CH-GN2	13.4	1774	6.34
	CH-GN3	14.0	1805	6.38
	CH-GN4	14.5	1701	6.39
	CH-GN5	13.4	1611	6.60
	CH-GN6	13.6	1421	6.82
	CH-GN7	12.3	1395	6.80
BLANCO	CH-BL1	9.5	378	6.35
	CH-BL2	11.2	470	6.72
	CH-BL3	10.7	410	6.56
	CH-BL4	9.9	390	6.42
	CH-BL5	10.5	317	6.62
	CH-BL6	10.9	298	6.65
	CH-BL7	10.4	275	6.70
	CH-BL8	10.1	268	6.84
PUELA	CH-PL1	9.8	430	6.05
	CH-PL2	8.4	570	6.60
	CH-PL3	8.2	530	6.68
	CH-PL4	8.5	512	6.73
	CH-PL5	7.8	498	6.86
GUILLES	CH-QG1	10.2	715	6.13
	CH-QG2	10.5	794	6.42
	CH-QG3	10.9	763	6.53
	CH-QG4	10.6	731	6.71
	CH-QG5	10.4	692	6.78
	CH-QG6	9.1	673	6.87
	CH-QG7	7.6	520	6.87

Para verificar si los valores experimentales en el río Chambo siguen la tendencia de los resultados teóricos de la modelización matemática en los tramos de validación, se hizo un barrido a lo largo de los 102 931 m del río

Chambo en enero 2018 donde se tomaron muestras y luego del análisis se han comparado los valores de concentraciones experimentales con los teóricos obteniéndose para la DBO_5 y las coliformes totales coeficientes de determinación cercanos a 1, y para el OD en cambio se observa un valor de 0.74, lo que muestra que a medida que la modelización se aplica a tramos más largos, el cálculo de OD se hace menos preciso (ver Figura 30), de manera similar a lo que ocurrió en el estudio preliminar del tramo del río Chambo.

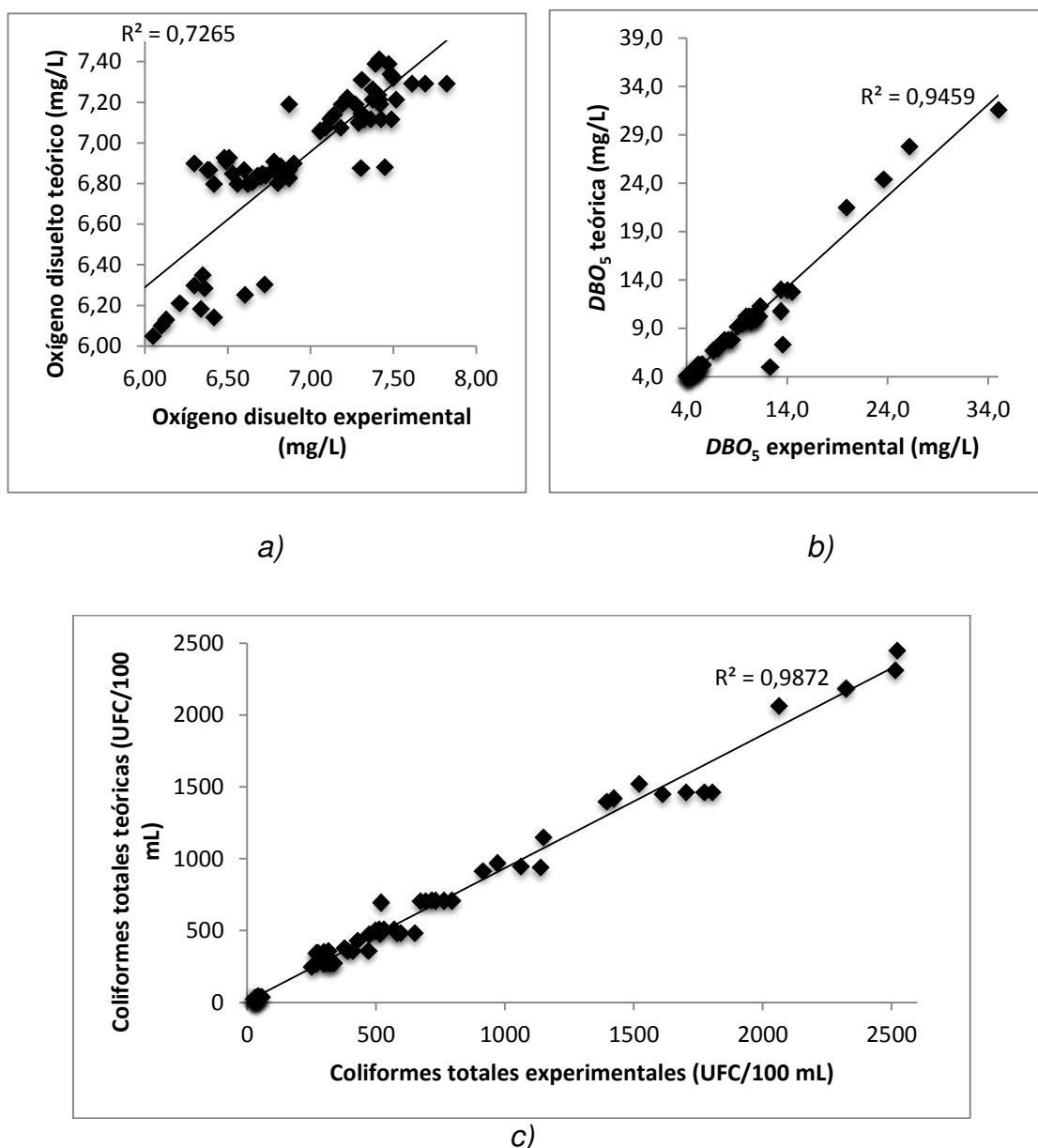


Figura 30. Comparación entre valores teóricos y experimentales de OD (a), DBO_5 (b) y coliformes totales (c) en el río Chambo.

Ahora se pueden comparar los valores medidos experimentalmente de DBO_5 mostrados en el Cuadro 17 (quinta columna contada desde la izquierda) con sus correspondientes valores determinados teóricamente mostrados en el Cuadro 16 (quinta columna) a lo largo del río, este procedimiento se realiza al conocer la distancia de cada punto de muestreo respecto al primer punto (ver Cuadro 14). Así, al colocar los valores de concentraciones de DBO_5 experimentales y teóricos de los mencionados cuadros respecto a la distancia medida desde el primer punto (CH-OZO1) se obtiene la Figura 31. Esta figura muestra como la mayor parte del río Chambo tiene valores relativamente bajos en la concentración de DBO_5 en los primeros 60 000 m; sin embargo, en el tramo de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Riobamba, los valores de la concentración de DBO_5 aumentan; más adelante estos valores van nuevamente descendiendo aguas abajo del río Chambo.

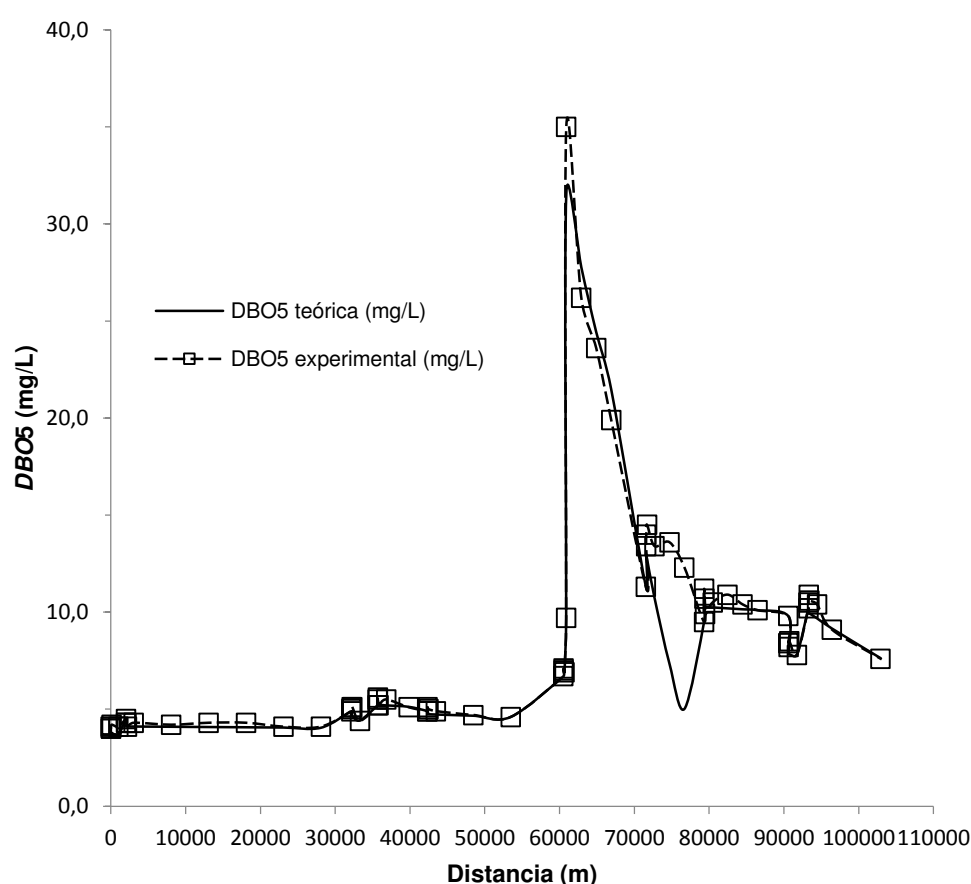


Figura 31. Comportamiento de la DBO_5 (mg/L) teórica y experimental respecto a la distancia en el río Chambo.

Análogamente, se pueden comparar los valores obtenidos experimentalmente de coliformes totales mostrados en el Cuadro 17 (sexta columna contada desde la izquierda) con sus correspondientes valores teóricos en el Cuadro 16 (sexta columna) a lo largo del río, este procedimiento se realiza al conocer la distancia de cada punto de muestreo respecto al primer punto (ver Cuadro 14). Así, al colocar los valores de concentraciones de coliformes totales experimentales y teóricos de los mencionados Cuadros respecto a la distancia medida desde el primer punto (CH-OZO1) se obtiene la Figura 32.

La Figura 32 muestra un comportamiento similar entre los valores experimentales y teóricos a lo largo de los 102 391 m del río Chambo, además de que en este caso también la concentración de coliformes son relativamente altos inmediatamente después de la descarga de las aguas residuales de la ciudad de Riobamba. más adelante estos valores van disminuyendo aguas abajo del río Chambo.

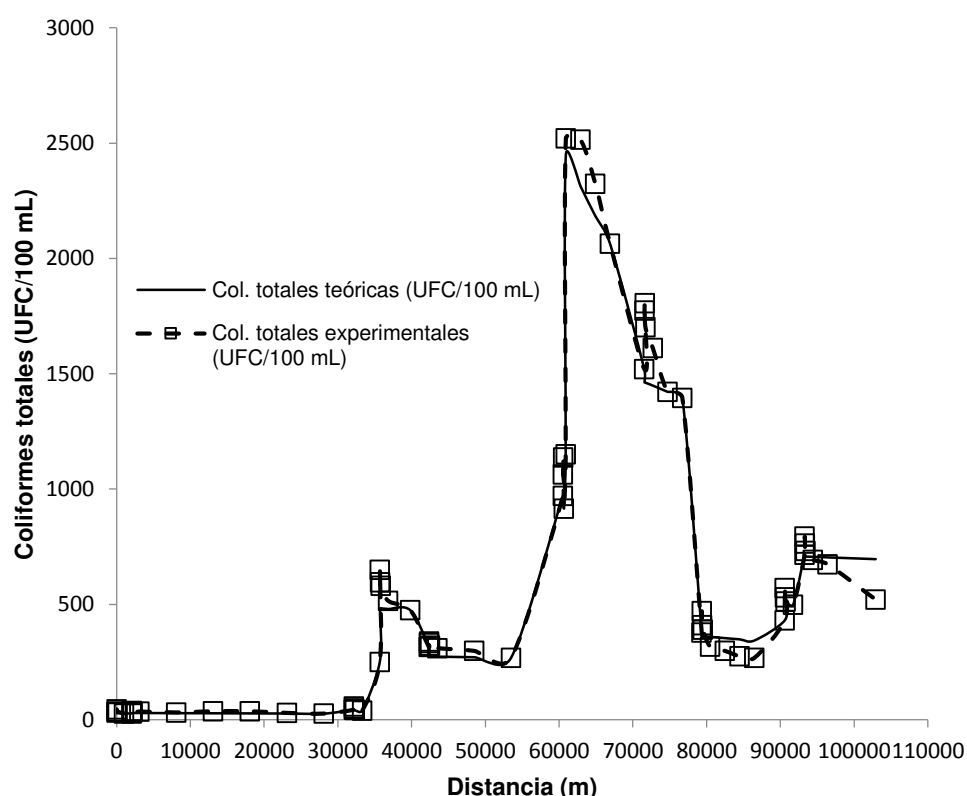


Figura 32. Comportamiento de las coliformes totales (UFC/100mL) medidas y calculadas teóricamente en el río Chambo.

De manera análoga, se pueden comparar los valores obtenidos experimentalmente de las concentraciones de oxígeno disuelto mostrados en el Cuadro 17 (última columna contada desde la izquierda) con sus correspondientes valores determinados teóricamente mostrados en el Cuadro 16 (última columna) a lo largo del río, este procedimiento se realiza al conocer la distancia de cada punto de muestreo respecto al primer punto (ver Cuadro 14). Así, al colocar los valores de concentraciones de oxígeno disuelto experimentales y teóricos de los mencionados cuadros respecto a la distancia medida desde el primer punto (CH-OZO1) se obtiene la Figura 33.

La Figura 33 muestra el comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto a lo largo de los 102 931 m del río Chambo, este comportamiento es diferente a las curvas mostradas en las Figuras 31 y 32, ya que el oxígeno disuelto depende de la carga orgánica que se encuentra presente en el río, y en este caso la descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba influye en la caída de los valores de *OD* en el río, mostrando una recuperación metros más adelante.

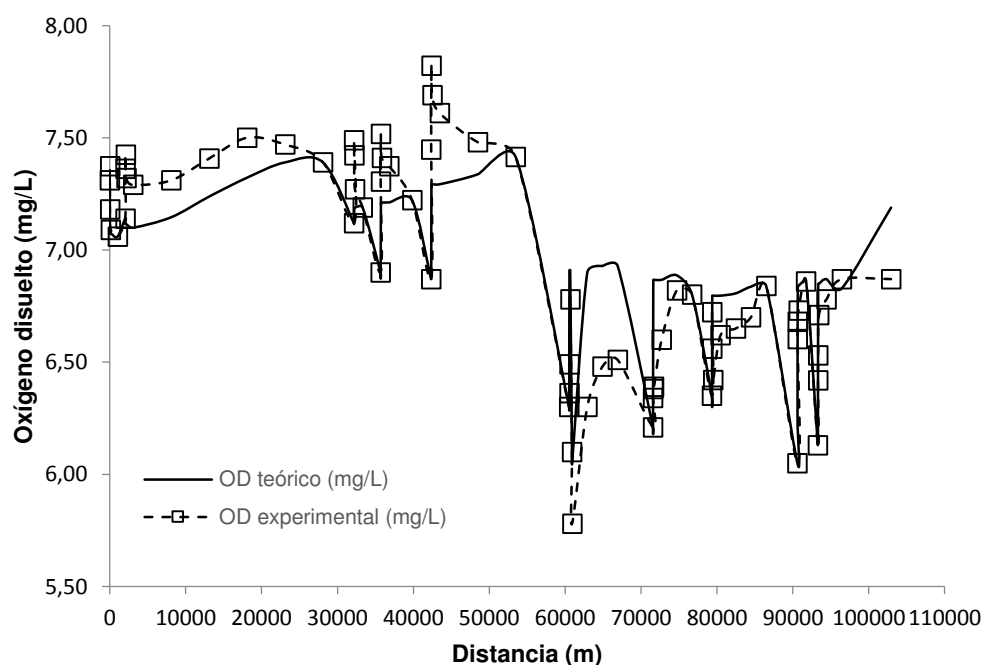


Figura 33. Comportamiento del *OD* (mg/L) experimental y teórico en el río Chambo.

Resulta interesante realizar una comparación de los valores determinados teóricamente de concentraciones de DBO_5 y OD a lo largo del río. Esto se consigue colocando en el eje vertical de la Figura 34 los correspondientes valores que constan en el Cuadro 16 (quinta y séptima columna, respectivamente) y en el eje horizontal la distancia medida desde el primer punto de muestreo (CH-OZO1), según Cuadro 14. La figura obtenida evidencia como estos parámetros tienen concordancia, ya que muestran valores bajos de DBO_5 y altos de OD en los primeros 60 000 m, esto cambia a partir de este tramo, puesto que la carga contaminante de la descarga de la ciudad de Riobamba influye drásticamente en los valores bajos de OD y altos de DBO_5 (ver Figura 34).

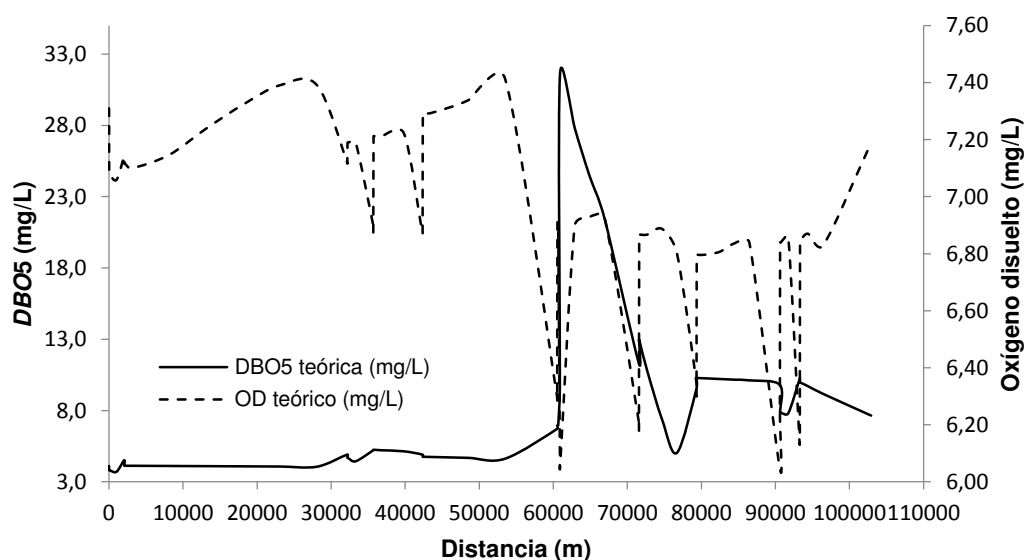


Figura 34. Comportamiento de DBO_5 respecto al OD a lo largo del río Chambo.

Fuente. (Bejar Suarez, 2019).

4.3.3. Valores experimentales y teóricos del ICOMO y de los niveles de contaminación orgánica.

Una vez obtenidos los valores experimentales de DBO_5 , coliformes totales y OD tanto para los tramos de estudio como en los 102 931 m del río Chambo se debe continuar con la determinación del ICOMO y el nivel de contaminación orgánica, tanto a través de determinación teórica como mediante las mediciones experimentales y así comparar estadísticamente la validez de la

modelización matemática desarrollada en esta investigación. Así, iniciando con el tramo del río Chibunga (ver Cuadro 7) se procede a calcular el índice *ICOMO* experimental (medido indirectamente) mediante las expresiones(1), (2), (3) y (4). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 18. Además en este último cuadro se incluyen los valores teóricos del *ICOMO* en base a la expresión (70) y se añaden en las columnas cuarta y sexta los criterios de este índice dados en el Cuadro 2. A continuación del Cuadro 18, para verificar el nivel de validez de la modelización se grafica al índice *ICOMO* teórico contra el *ICOMO* experimental (medido indirectamente) y se halla el coeficiente de correlación ($r_s = 0.935$) (ver Figura 35).

Cuadro 18. Valores experimentales y teóricos del *ICOMO* y de los niveles de contaminación orgánica en el tramo del río Chibunga.

RÍO	CÓDIGO DEL PUNTO	EXPERIMENTALES		TEÓRICOS	
		<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN	<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN
18/10/2017	CHI1	0.83	Muy alta	0.83	Muy alta
	CHI2	0.87	Muy alta	0.85	Muy alta
	CHI3	0.71	Alta	0.67	Alta
19/10/2017	CHI1	0.82	Muy alta	0.82	Muy alta
	CHI2	0.86	Muy alta	0.85	Muy alta
	CHI3	0.72	Alta	0.67	Alta
20/10/2017	CHI1	0.85	Muy alta	0.85	Muy alta
	CHI2	0.87	Muy alta	0.86	Muy alta
	CHI3	0.73	Alta	0.67	Alta
21/10/2017	CHI1	0.87	Muy alta	0.87	Muy alta
	CHI2	0.90	Muy alta	0.89	Muy alta
	CHI3	0.74	Alta	0.67	Alta
22/10/2017	CHI1	0.86	Muy alta	0.86	Muy alta
	CHI2	0.88	Muy alta	0.88	Muy alta
	CHI3	0.68	Alta	0.64	Alta
23/10/2017	CHI1	0.74	Alta	0.74	Alta
	CHI2	0.82	Muy Alta	0.79	Alta
	CHI3	0.70	Alta	0.67	Alta
24/10/2017	CHI1	0.62	Alta	0.62	Alta
	CHI2	0.77	Alta	0.67	Alta
	CHI3	0.71	Alta	0.67	Alta

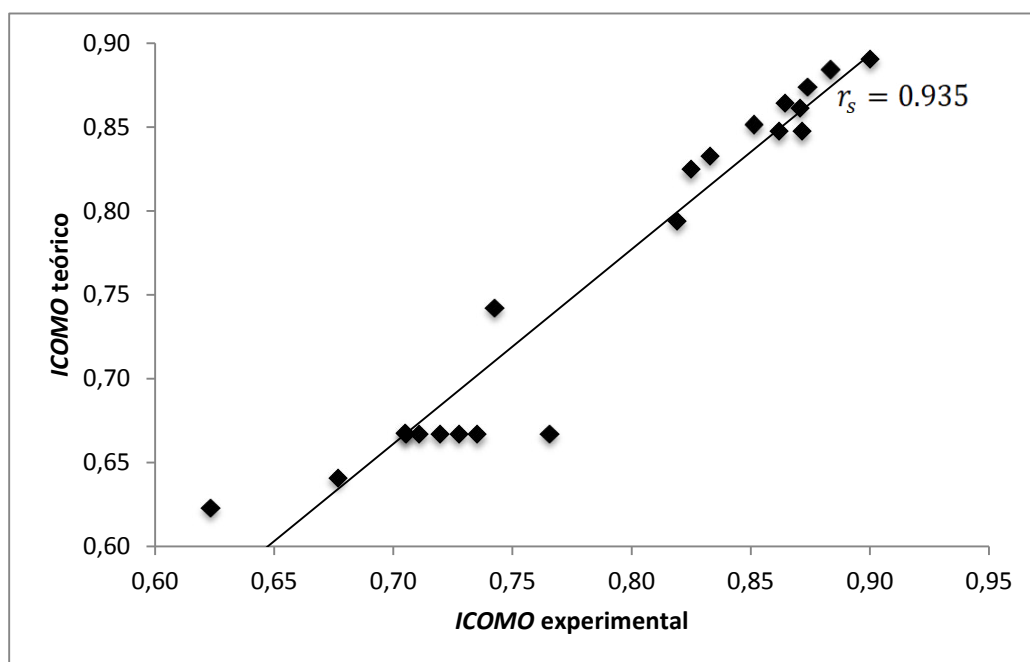


Figura 35. Comparación entre valores de *ICOMO* teóricos y experimentales en el tramo río Chibunga.

De la misma manera como se ha procedido para el tramo del río Chibunga, se calcula con los datos del Cuadro 9 los valores del *ICOMO* experimental (medido indirectamente) para el tramo del río Chambo, que son los que constan en el Cuadro 19. En este cuadro se incluyen los valores teóricos del índice *ICOMO* en base a la expresión (70) y se añaden en las columnas cuarta y sexta los criterios de este índice, dados en el Cuadro 2.

Cuadro 19. Valores experimentales y teóricos del *ICOMO* y de los niveles de contaminación orgánica en el tramo del río Chambo.

FECHA	CÓDIGO DEL PUNTO	EXPERIMENTALES		TEÓRICOS	
		<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN	<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN
10/10/2017	PCHA1	0.25	Baja	0.25	Baja
	PCHA2	0.40	Baja	0.40	Baja
	PCHA3	0.39	Baja	0.37	Baja
	PCHA4	0.37	Baja	0.37	Baja
	PCHA5	0.69	Alta	0.68	Alta
	PCHA6	0.68	Alta	0.67	Alta
	PCHA7	0.40	Media	0.39	Baja

Continuación del Cuadro 19.

FECHA	CÓDIGO DEL PUNTO	EXPERIMENTALES		TEÓRICOS	
		ICOMO	CONTAMINACIÓN	ICOMO	CONTAMINACIÓN
11/10/2017	PCHA1	0.23	Baja	0.23	Baja
	PCHA2	0.38	Baja	0.37	Baja
	PCHA3	0.37	Baja	0.37	Baja
	PCHA4	0.35	Baja	0.35	Baja
	PCHA5	0.70	Alta	0.67	Alta
	PCHA6	0.69	Alta	0.67	Alta
	PCHA7	0.41	Media	0.39	Baja
12/10/2017	PCHA1	0.21	Baja	0.21	Baja
	PCHA2	0.28	Baja	0.28	Baja
	PCHA3	0.27	Baja	0.27	Baja
	PCHA4	0.27	Baja	0.27	Baja
	PCHA5	0.48	Media	0.45	Media
	PCHA6	0.47	Media	0.45	Media
	PCHA7	0.39	Baja	0.37	Baja
13/10/2017	PCHA1	0.24	Baja	0.24	Baja
	PCHA2	0.37	Baja	0.37	Baja
	PCHA3	0.36	Baja	0.36	Baja
	PCHA4	0.35	Baja	0.35	Baja
	PCHA5	0.67	Alta	0.67	Alta
	PCHA6	0.67	Alta	0.67	Alta
	PCHA7	0.39	Baja	0.39	Baja
14/10/2017	PCHA1	0.24	Baja	0.24	Baja
	PCHA2	0.36	Baja	0.37	Baja
	PCHA3	0.36	Baja	0.35	Baja
	PCHA4	0.34	Baja	0.34	Baja
	PCHA5	0.67	Alta	0.67	Alta
	PCHA6	0.68	Alta	0.67	Alta
	PCHA7	0.39	Baja	0.38	Baja
16/10/2017	PCHA1	0.25	Baja	0.25	Baja
	PCHA2	0.29	Baja	0.30	Baja
	PCHA3	0.31	Baja	0.28	Baja
	PCHA4	0.29	Baja	0.29	Baja
	PCHA5	0.49	Media	0.47	Media
	PCHA6	0.46	Media	0.45	Media
	PCHA7	0.38	Baja	0.38	Baja
17/10/2017	PCHA1	0.23	Baja	0.23	Baja
	PCHA2	0.27	Baja	0.28	Baja
	PCHA3	0.28	Baja	0.27	Baja
	PCHA4	0.27	Baja	0.27	Baja
	PCHA5	0.47	Media	0.45	Media
	PCHA6	0.45	Media	0.42	Media
	PCHA7	0.36	Baja	0.36	Baja

Para verificar el nivel de validez de la modelización se grafica al *ICOMO* teórico contra el *ICOMO* experimental y se halla el coeficiente de correlación ($r_s = 0.993$) (ver Figura 36).

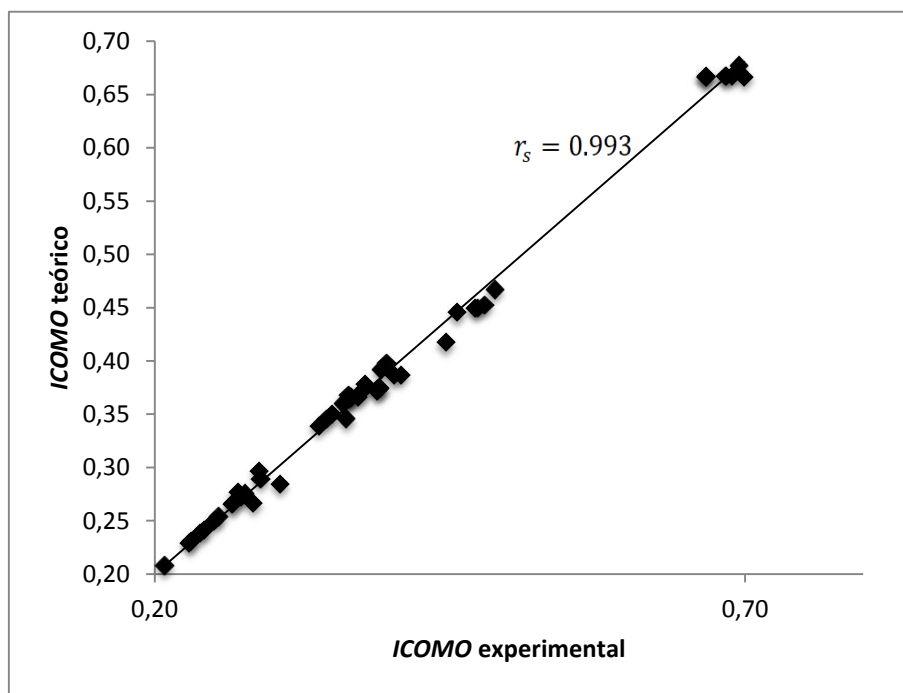


Figura 36. Comparación entre valores de *ICOMO* teóricos y experimentales en el tramo río Chambo.

De manera análoga a los casos anteriores, con los valores experimentales de DBO_5 , coliformes totales y OD experimentales en los puntos de muestreo en los 102 931 m del río Chambo (ver Cuadro 17) se procede a calcular el índice *ICOMO* experimental (medido indirectamente) mediante las expresiones (1), (2), (3) y (4). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 20. Además en este último cuadro se incluyen los valores teóricos del índice *ICOMO* en base a la expresión (70) y se añaden en las columnas cuarta y sexta los criterios de este índice, dados en el Cuadro 2.

Cuadro 20. Valores experimentales y teóricos del *ICOMO* y de los niveles de contaminación orgánica en el río Chambo.

RÍO	CÓDIGO DEL PUNTO	EXPERIMENTALES		TEÓRICOS	
		<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN	<i>ICOMO</i>	CONTAMINACIÓN
OZOGOCHE	CH-OZO1	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-OZO2	0.12	Muy baja	0.12	Muy baja
	CH-OZO3	0.12	Muy baja	0.12	Muy baja
	CH-OZO4	0.13	Muy baja	0.12	Muy baja
	CH-OZO5	0.13	Muy baja	0.12	Muy baja
YASIPÁN	CH-YA1	0.14	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-YA2	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA3	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA4	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA5	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA6	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA7	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA8	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA9	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
	CH-YA10	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
CEBADAS	CH-CB1	0.15	Muy baja	0.15	Muy baja
	CH-CB2	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-CB3	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-CB4	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-CB5	0.13	Muy baja	0.13	Muy baja
GUARGUALLÁ	CH-GU1	0.16	Muy baja	0.16	Muy baja
	CH-GU2	0.20	Baja	0.17	Muy baja
	CH-GU3	0.20	Muy baja	0.15	Muy baja
	CH-GU4	0.19	Muy baja	0.15	Muy baja
	CH-GU5	0.18	Muy baja	0.15	Muy baja
	CH-GU6	0.15	Muy baja	0.15	Muy baja
ALAO	CH-AL1	0.16	Muy baja	0.16	Muy baja
	CH-AL2	0.14	Muy baja	0.16	Muy baja
	CH-AL3	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-AL4	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-AL5	0.15	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-AL6	0.14	Muy baja	0.14	Muy baja
	CH-AL7	0.14	Muy baja	0.14	Muy baja

Continuación del Cuadro 20.

RÍO	CÓDIGO DEL PUNTO	EXPERIMENTALES		TEÓRICOS	
		ICOMO	CONTAMINACIÓN	ICOMO	CONTAMINACIÓN
CHIBUNGA	CH-CHI1	0.28	Baja	0.28	Baja
	CH-CHI2	0.29	Baja	0.29	Baja
	CH-CHI3	0.29	Baja	0.25	Baja
	CH-CHI4	0.26	Baja	0.25	Baja
DESCARGA RIOBAMBA	CH-DE1	0.34	Baja	0.33	Baja
	CH-DE2	0.72	Alta	0.70	Alta
	CH-DE3	0.68	Alta	0.65	Alta
	CH-DE4	0.66	Alta	0.64	Alta
	CH-DE5	0.64	Alta	0.63	Alta
GUANO	CH-GN1	0.37	Baja	0.37	Baja
	CH-GN2	0.40	Baja	0.39	Baja
	CH-GN3	0.40	Media	0.35	Baja
	CH-GN4	0.40	Media	0.35	Baja
	CH-GN5	0.38	Baja	0.33	Baja
	CH-GN6	0.36	Baja	0.29	Baja
	CH-GN7	0.34	Baja	0.25	Baja
BLANCO	CH-BL1	0.23	Baja	0.23	Baja
	CH-BL2	0.23	Baja	0.24	Baja
	CH-BL3	0.24	Baja	0.22	Baja
	CH-BL4	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-BL5	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-BL6	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-BL7	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-BL8	0.22	Baja	0.22	Baja
PUELA	CH-PL1	0.25	Baja	0.25	Baja
	CH-PL2	0.24	Baja	0.25	Baja
	CH-PL3	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-PL4	0.23	Baja	0.22	Baja
	CH-PL5	0.19	Muy baja	0.19	Muy baja
GUILLES	CH-QG1	0.31	Baja	0.31	Baja
	CH-QG2	0.30	Baja	0.30	Baja
	CH-QG3	0.30	Baja	0.27	Baja
	CH-QG4	0.28	Baja	0.27	Baja
	CH-QG5	0.28	Baja	0.27	Baja
	CH-QG6	0.26	Baja	0.26	Baja
	CH-QG7	0.23	Baja	0.24	Baja

A continuación, para verificar el nivel de validez de la modelización se grafica al índice *ICOMO* teórico contra el *ICOMO* experimental y se halla el coeficiente de correlación ($r_s = 0.985$) (ver Figura 37).

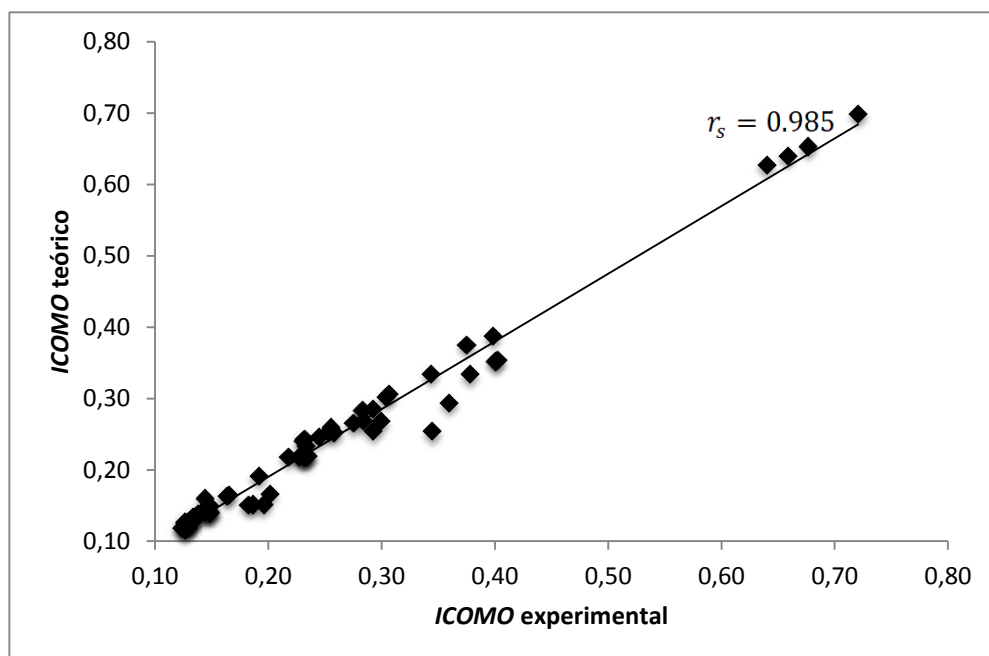


Figura 37. Comparación entre valores de *ICOMO* teóricos y experimentales del río Chambo.

CONCLUSIONES

1. Se ha logrado establecer la modelización matemática del índice *ICOMO* para determinar el nivel de la contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo – Ecuador, constituyéndose de esta manera en una herramienta útil para obtener información sobre el nivel de contaminación del río Chambo, con la condición de que se suministren por cada nueva descarga los valores de los caudales, concentraciones y otros parámetros que demanda la expresión matemática (70).
2. La integración de parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes y el porcentaje de saturación de oxígeno se ha alcanzado a través de la expresión matemática (70), la cual representa el resultado de la modelización matemática sobre el nivel de contaminación del río Chambo bajo régimen permanente.
3. Se ha conseguido valorar la materia orgánica en el río Chambo mediante la modelización matemática, misma que al comparar con los correspondientes valores *ICOMO* experimentales mantienen la misma tendencia a un nivel de confianza del 95%; sin embargo una de las variables más sensibles en el modelo es el porcentaje de oxígeno disuelto en tramos largos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la toma de mediciones por periodos considerables de tiempo, que incluyan las temporadas secas y lluviosas, inclusive por años, para ver el comportamiento de los parámetros de los que depende el modelo y así poder ver la tendencia de los valores del *ICOMO* generados mediante la modelización matemática desarrollada.
- Se recomienda la aplicación del modelo en ríos con condiciones geomorfológicas y climáticas similares a la del río Chambo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, D. V. (2017). *Water & Wastewater examination Manual*. New York, USA: Routledge.
- Aguirre Sánchez, D. J., Aguirre Ramírez, N. J., & Caicedo Quintero, O. (2008, junio). Evaluación de la calidad del agua a través de los protistas en la quebrada La Ayurá en Envigado (Antioquia). *Producción + limpia*, 3(1), 50-60.
- Alloway, B., & Ayres, D. (1998, 02). Chemical principles of environmental pollution. *Water, Air, and Soil Pollution*, 102(1-2), 216-218.
doi:10.1023/A:1004986209096
- Álvarez Nodarse, R. (2006). Modelos matemáticos en biología de ida y vuelta. *Bol. Soc. Esp. Mat. Apl.*, 73-112.
- Antamba, C., & Cabrera, A. (2015). Obtenido de Arrastre de sedimentos pluviales en meandros:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4430/1/T-UCE-0011-166.pdf>
- Arcos Pulido, M. d., Ávila de Navia, S. L., Estupiñán Torres, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova - Publicación Científica*, 3(4), 69-79.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- Ashford, J. R., & Smith, C. S. (1965, Mar). An alternative system for the classification of mathematical models for quantal responses to mixtures of drugs in biological Assay. *Biometrics*, 21(1), 181-185.
Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2528362>
- Balmaseda, C., & Ponce de León, D. (2010). Modelo conceptual para la información edafológica. Estudio de caso: mapa nacional de suelos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2), 44-50.
- Bejar Suarez, J. G. (2019). Modelización matemática para determinar la contaminación orgánica del río Chambo, provincia de Chimborazo -

Ecuador (Tesis de doctorado). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Benson, B. B., & Krause, J. D. (1980). The concentration and isotopic fractionation of gases dissolved in freshwater in equilibrium with the atmosphere. 1. Oxygen. *Limnol. Oceanogr.*, 25(4), 662-671. doi:10.4319/lo.1980.25.4.0662
- Benson, B. B., & Krause, D. J. (1984). The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol. Oceanogr.*, 29(3), 620-632. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0620>
- Bermués Pardo, J., Lozano Imízcoz, M., & Polo Blanco, I. (2012). La colección de modelos matemáticos de la Universidad de Zaragoza. *La Gaceta de la RSME*, 187-204.
- Bierkens, M., Finke, P., & De Willigen, P. (2000). *Upscaling and downscaling methods for environmental research*. Gante en Flandes, Belgium: Kluwer Academic.
- Boulinguez, B., Le Cloirec, P., & Wolbert, D. (2008). Revisiting the Determination of Langmuir Parameters□ Application to Tetrahydrothiophene Adsorption onto Activated Carbon. *Langmuir*, 24(13), 6420-6424.
- Bowie, G. L., Mills, W. B., Porcella, D. B., Campbell, C. L., Pagenkopf, J. R., Rupp, G. L., . . . Chamberlin, C. E. (1985). *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling* (2nd. ed.). Athens, Georgia: Environmental Protection Agency.
- Boyacioglu, H. (2007, Enero). Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water SA*, 33(1), 101-106.
- Boyacioglu, H. (2010). Utilization of the water quality index method as a classification tool. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(115), 115-124. doi:10.1007/s10661-009-1035-1
- Brown, R. M. (1970). A water quality index - Do we dare? *Water & Sewage*

Works, 117, 339-343.

- Bunge, M. (2002). *Crisis y reconstrucción de la filosofía*. Barcelona: Gadisa, S. A.
- Campos Aranda, D. F. (2010). *Introducción a la Hidrología Urbana*. San Luis Potosí: Libre.
- Carpenter, S., Caraco, N., Correll, D., Howarth, R., Sharpley, A., & Smith, V. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications*, 8(3), 559-568.
- Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA). (2015). *Aportes a la planificación para la gestión integral de recursos hídricos*. Riobamba: Comité de Gestión.
- Chapra, S. C. (2008). *Surface water quality-modeling*. Illinois, United States of America: Waveland Press, Inc.
- Climent, M. L. (1996). *Sistemas vivos y sus modelos matemáticos. Modelización de un ecosistema*. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante.
- Connor, R., Renata, A., Ortigara, C., Koncagül, E., Uhlenbrook, S., Lamizana-Diallo, B. M., & Hendry, S. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, The Untapped Resource*. Paris: United Nations.
- Consejo Nacional de Recursos Hídricos. (2007). *Estudio hidrológico de la subcuenca del Río Chambo e implementación de un modelo hidrológico*. Quito: CNRH.
- Covar, A. P. (1976). Selecting the proper reaeration coefficient for use in water quality models. *Conference on Environmental simulation and modeling* (pp. 340-343). Austin: EPA.
- Cruz Romero, B., Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Carrillo González, F. M., & Téllez López, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación Ciencia*, 23(64), 26-34.

- Curtis, C. (2001). Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 37(1), 125-137.
- Dreyer, T. P. (1993). *Modelling with ordinary differential equations*. Boca Ratón, United States of America: CRC Press, Inc.
- Elliott Munro, S. (2010). *El río y la forma. Introducción a la geomorfología fluvial*. Santiago de Chile, Chile: Ril editores.
- Erazo Veloz, L. R. (2015). Evaluación de la calidad del agua del río Chambo en el tramo Chibunga-Penipe en el periodo Marzo-Junio del 2015 (Tesis de maestría). Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Especialidades Espiritu Santo.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. *División de Recursos Naturales e Infraestructura*(50), 69.
- Fernández Parada, N. J., & Solano Ortega, F. (2005). *Indices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Pamplona, Norte de Santander, Colombia: Universidad de Pamplona.
- Galor, O., & Weil, D. N. (1999, May). From malthusian stagnation to modern growth. *The American Economic Review*, 89(2), 150-154. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/117097>
- Gertsev, V. I., & Gertseva, V. V. (2004). Classification of mathematical models in ecology. *Ecological Modelling*, 178, 329-334. doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.03.009
- Gibbons, J. D., & Pratt, J. W. (1975). P-values: interpretation and methodology. *The American Statistician*, 29(1), 20-25.
- Green, M., Shelef, G., & Moraine, R. (1981). Chemical and biochemical oxygen as indicators of biodegradable substrate concentration. *Water Pollution Control, Journal of the Institute of Water Pollution Control*, 80(5), 655-658.
- Hatfield, J. (2001). Upscaling and Downscaling Methods for Environmental Research. *Journal of Environmental Quality*, 30(3), 1100.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta. ed.). México D.F., México: Mc Graw Hill.
- Horton. (1965). An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 300-306.
- IDEAM. (Diciembre de 2014). *Informe batimetría lago de Tota*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/16003/Batimetria+Lago+de+Tota/6d14d1a2-a91b-4a20-86e3-58cb4242a616>
- INAMHI. (2017, 12 20). *Ecuador ama la vida*. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (27 de 04 de 2017). *Población y demografía*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jiménes J., M. A., & Vélez O., M. V. (2006, octubre). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 14, 53-69.
- Khan, F., Husain, T., & Lumb, A. (2003, 10). Water quality evaluation and trend analysis in selected watersheds of the atlantic region of Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88(221), 221-248. doi:10.1023/A:1025573108513
- Lamizana-Diallo, B. L., Salinas, A., Tonda, E., Rabbiosi, L., Milà i Canals, L., & Spencer, D. (2017). Preventing and reducing wastewater generation and pollution loads at the source. In UNESCO, *Wastewater: the untapped resource* (p. 198). Paris, France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Lee, C. (1973). Models in planning: an introduction to use of quantitative models in planning. In C. Lee, *Models in planning: an introduction to use of quantitative models in planning* (p. 144). New Castle, United Kingdom: Pergamon Press.
- Levins, R. (1966). The strategy of model building in population biology.

- American Scientist*, 54(4), 421-431. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/27836590>
- Li, J., Liu, H., Li, Y., Mei, K., Dahlgren, R., & Zhang, M. (2013). Monitoring and modeling dissolved oxygen dynamics through continuous longitudinal sampling: a case study in Wen-RuiTang River, Wenzhou, China. *Hydrological processes*, 27, 3502-3510.
- Liebman. (1969). *Atlas of water quality: methods and practical conditions*. Munich: R. Idenborough.
- Loague, K., & Green, R. E. (1991). Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. *Journal of Contaminant Hydrology*, 51-73.
- Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). Water quality modeling and predictionSpringer. In D. P. Loucks, & E. van Beek, *Water resource system planning and management* (pp. 417-467). Cham, Switzerland: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1_10
- McCutcheon, S. C. (1989). *Water quality modeling* (Vol. I: Transport and surface exchange in rivers). (R. H. French, Ed.) Boca Raton, U.S.: CRC Press, Inc.
- Mego, J., Pilco, J., Chavez, J., Leiva, D., & Oliva Cruz, M. (2014). Impacto en la calidad del agua de la quebrada "El Atajo" ocasionado por el botadero de rondón de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Rev. Indes*, 80-87.
- Mendoza, B. (Marzo de 2015). Characterization of real aquifers using hydrogeophysical measurements. An application to the Chambo aquifer (Ecuador). Rende, Cz, Italia: Universidad de la Calabria.
- Molina, L. (2015). *Análisis de calidad del agua en el malecón de la ciudad de Manta segundo trimestre del 2015*. Manta.
- Muñoz Nava, H., Suárez Suárez, J., Vera Reyes, A., Orozco Flores, S., Batlle Sales, J., Ortiz Zamora, A. d., & Mendiola Arguelles, J. (2012). Demanda Bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 27-38.

- O'Connor, D. J., & Dobbins, A. (1971). *Simplified mathematical modeling of water quality*. Washington D.C.: Environmental Protection Agency.
- Ott, W. R. (1978). *Water quality indices: a survey of indices used in the United States* (Vol. 1). Washington D.C., United States of America: Environmental Protection Agency.
- Owens, M., Edwards, R., & Gibbs, J. (1964). Some reparation studies in streams. *Int. J. Air Water Poll.*, 8, 469-486.
- Peláez, A., & Mejía, S. (2000). Conceptos básicos en modelación matemática y simulación computacional de sistemas biológicos. Una herramienta útil para la docencia y la investigación. *CES Odontología*, 13(1), 51-54.
- Pidd, M. (2010). *Tools for Thinking: Modelling in Management Science* (3th. ed.). Lancashire, United Kingdom: Wiley.
- Postel, S., Daily, G., & Ehrlich, P. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, 271, 785-788.
- Qinggai, W., Shibei, L., Peng, J., Changjun, Q., & Feng, D. (2013, 05). A review of surface water quality models. (J. Bai, H. Cao, B. Cui, A. Li, & B. Zhang, Eds.) *The Scientific World Journal*, 1-7.
- Quishpe, A. (2017). Caracterización hidrometeorológica y estimación del balance hídrico en la cuenca del río Chambo. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Ramírez García, A. G., Cruz León, A., Sánchez García, P., & Monterroso Rivas, A. I. (2015). La caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Moctezuma, Sonora: ejemplo de aplicación de los sistemas de información geográfica. *Revista de Geografía Agrícola*, 55, 21-43.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf>
- Rodgers, K. (1991). *Proyecto de manejo y conservación, cuenca alta del Río*

- Pastaza. Organización de los Estados Americanos-Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales, Washington (EUA), Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente.
- Salazar Arias, A. (1984). *Contaminación de recursos hídricos, modelos y control*. Medellín, Antioquia, Colombia: Ainsa.
- Samboni, N. E., Reyes T., A., & Carbajal E., Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación. (F. M. Martínez, Ed.) *Ingeniería y Competitividad*, 13(2), 49-60.
- Sánchez, J. (Abril de 2013). *Aforos*. Obtenido de Dpto. Geología de la Universidad de Salamanca: <http://hidrologia.usal.es/temas/Aforos.pdf>
- Scardigli, M., Bello, C., Cicchini, A., Cuadrado, G., & Sara, A. (2013). Reflexiones sobre la modelización matemática como una práctica de enseñanza y de aprendizaje en carreras de ingeniería. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 10(17), 17-21.
- Sierra Bravo, R. (2003). *Tesis doctorales y trabajos de investigación*. Madrid, España: Paraninfo S.A.
- Suárez López, J. (7 de Octubre de 2016). *Tema 5 Modelos de calidad de aguas en ríos*. Recuperado el 9 de Octubre de 2017, de <https://es.scribd.com/document/326776418/Mca-Tema-5-Modelos-de-Calidad-de-Aguas-en-Rios>
- United Nations. (1977). *Convention on the international regulations for preventing collisions at sea, 1972*. (pp. 17-163). London: United Nations.
- United Nations. (2011). *Policy Brief on Water Quality*. Ontario: UN-Water.
- United Nations. (2014). *World urbanization prospects: The 2014 revision, Highlights*. New York: Department of Economic and Social Affairs.
- United Nations. (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. Kenya: United Nations Environment Programme.
- Valdes, J., Samboni, N., & Carvajal, Y. (2011). Desarrollo de un Indicador de calidad de agua usando estadística aplicada, caso de estudio:

- subcuenca Zanjón Oscuro. *Tecno Lógicas*(26), 165-180.
- Valencia, M., Palacios, C., & Rodriguez, A. (2000). *Calidad físico química y bacteriológica de las aguas alrededor de la ciudad de Guayaquil 1996-1998*. Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico.
- Van der Perk, M. (2013). *Soil and Water Contamination* (Vol. 2). Leiden, Holanda: CRC Press.
- Villa Ochoa, J. (2007). La modelación como proceso en el aula de matemáticas, un marco de referencia y un ejemplo. *Tecno Lógicas*, 19, 63-85.
- WEP. (1996). *Miami Valley River Index*. Miami: Lower Great Miami Watershed Enhancement Program.
- Williams, P. H. (2013). *Model building in mathematical programming*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- World Health Organization. (2008). *Progress on drinking-Water in sanitation*. Geneva: World Health Organization.
- Zison, S. W., Mills, W. B., Deimer, D., & Chen, C. W. (1978). *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling*. Athens, Georgia, U.S.: Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental Research Laboratory.

ANEXO 1: CERTIFICACIÓN DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO - SAE

ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo

Av. Antonio José de Sucre, Campus Universitario Ms. Edison Riera R,
km 1 ½ Vía a Guano
• Teléfono: 033730880 ext 1426 • E-mail: jcl772000@yahoo.com
Riobamba, Chimborazo

Sector Ensayos

Certificado de Acreditación N°: **OAE LE C 12-006**
Actualización N°: 04
Resolución N°: SAE-ACR-0220-2017
Vigencia a partir de: 2017-11-15
Acreditación Inicial: 2012-11-08
Responsable(s) Técnico(s): Ing. Juan Carlos Lara Romero

Está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", los Criterios Generales de Acreditación para laboratorios de ensayo y calibración (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente, para las siguientes actividades:

CATEGORIA: 0. Ensayos en el laboratorio permanente

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico – químicos en aguas

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Aguas naturales Aguas residuales Agua de consumo	pH, Electrometría, (4 a 10) unidades de pH	PE/LSA/01 Método de Referencia: Standard Methods Ed.22, 2012 4500 H+B
	Conductividad eléctrica, Electrometría, (10 a 1 000) µS/cm	PE/LSA/02 Método de Referencia: Standard Methods Ed.22, 2012 2510 B
	Demanda Química de Oxígeno (DQO), Reflujo cerrado, Espectrofotometría UV- VIS, (50 a 1 500) mg/l	PE/LSA/03 Método de Referencia: Standard Methods Ed.22, 2012 5220-D
	Sólidos Totales, Gravimetría, (50 a 1 000) mg/l	PE/LSA/04 Método de Referencia: Standard Methods Ed.22, 2012 2540B

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en el web www.acreditacion.gob.ec

F PA01 01 R02

Página 1 de 2

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Alcance de Acreditación [OAELEC 12-006](#)
Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo

Control de Cambios en Alcance

Fecha	Modificaciones
2017-11-15	Renovación, Renovar la acreditación. Levantar la suspensión de la acreditación.

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web www.acreditacion.gob.ec

F PA 01 01 R02

Página 2 de 2

ANEXO 2: INFORMES DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Dr. Jaime Bejar
EMPRESA: Proyecto de Tesis Doctoral
DIRECCIÓN: Circunvalación 34-70 y Puruhá

INFORME N° 263- 17
N° SE: 263-17

FECHA DE RECEPCIÓN: 18 al 20 Oct-2017
 23 al 26 Oct-2017

TELÉFONO: 0983290873

FECHA DE INFORME: 01- Nov- 2017

NÚMERO DE MUESTRAS: 21

TIPO DE MUESTRA: Agua Rio Chibunga

IDENTIFICACIÓN:

MA - 473 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 474 -17	CHI2	En la descarga
MA - 475 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 476 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 477 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 478 -17	CHI2	En la descarga
MA - 479 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 480 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 481 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 482 -17	CHI2	En la descarga
MA - 483 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 484 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 485 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 486 -17	CHI2	En la descarga
MA - 487 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 488 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 489 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 490 -17	CHI2	En la descarga
MA - 491 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 492 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 493 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 494 -17	CHI2	En la descarga
MA - 495 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 496 -17	DCHI	Descarga de agua residual
MA - 497 -17	CHI1	10 m antes del efluente
MA - 498 -17	CHI2	En la descarga
MA - 499 -17	CHI3	10 m después del efluente
MA - 500 -17	DCHI	Descarga de agua residual

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA-473-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	73,2	N/A	18/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	17200	N/A	18/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	28,33	N/A	18/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,80	N/A	18/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	553,80	N/A	18/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,41	N/A	18/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	18/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,17	N/A	18/10/2017

MA-474-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	114	N/A	18/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	24350	N/A	18/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	29,67	N/A	18/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,10	N/A	18/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	553,30	N/A	18/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,41	N/A	18/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	18/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,17	N/A	18/10/2017

MA-475-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	89,4	N/A	18/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	21050	N/A	18/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	27,67	N/A	18/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	4,90	N/A	18/10/2017
* Presión	mm Hg	METODO INTERNO	553,05	N/A	18/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

Atmosférica					
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,41	N/A	18/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	18/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,17	N/A	18/10/2017

MA-476-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	296	N/A	18/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	46800	N/A	18/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	0,92	N/A	18/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,08	N/A	18/10/2017

MA-477-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	80,6	N/A	19/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	52800	N/A	19/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	22,53	N/A	19/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,27	N/A	19/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,55	N/A	19/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,52	N/A	19/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,67	N/A	19/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	19/10/2017

MA-478-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	116	N/A	19/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	57398	N/A	19/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 3 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	22,10	N/A	19/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,60	N/A	19/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	551,80	N/A	19/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,52	N/A	19/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,67	N/A	19/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	19/10/2017

MA-479-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	102	N/A	19/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	52970	N/A	19/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,90	N/A	19/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,30	N/A	19/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	551,80	N/A	19/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,52	N/A	19/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,67	N/A	19/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	19/10/2017

MA-480-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	270	N/A	19/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	67200	N/A	19/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	0,78	N/A	19/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,10	N/A	19/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 4 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

MA-481-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	104	N/A	20/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	51500	N/A	20/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,00	N/A	20/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,64	N/A	20/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	551,80	N/A	20/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,42	N/A	20/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	20/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	20/10/2017

MA-482-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	131	N/A	20/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	53915	N/A	20/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,00	N/A	20/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,30	N/A	20/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	551,30	N/A	20/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,42	N/A	20/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	20/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	20/10/2017

MA-483-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	113	N/A	20/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	50600	N/A	20/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 5 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,33	N/A	20/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	4,81	N/A	20/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	551,30	N/A	20/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,42	N/A	20/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	20/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	20/10/2017

MA-484-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	299	N/A	20/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	68100	N/A	20/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	1,53	N/A	20/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,08	N/A	20/10/2017

MA-485-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	97,3	N/A	23/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	31200	N/A	23/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,47	N/A	23/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,41	N/A	23/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	553,05	N/A	23/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,41	N/A	23/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	23/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,21	N/A	23/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 6 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

MA-486-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	133	N/A	23/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	42375	N/A	23/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,37	N/A	23/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	1,91	N/A	23/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,80	N/A	23/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,41	N/A	23/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	23/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,21	N/A	23/10/2017

MA-487-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	124	N/A	23/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	39860	N/A	23/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,03	N/A	23/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,10	N/A	23/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,55	N/A	23/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,41	N/A	23/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,60	N/A	23/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,21	N/A	23/10/2017

MA-488-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	286	N/A	23/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	89000	N/A	23/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 7 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	0,51	N/A	23/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,082	N/A	23/10/2017

MA-489-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	50	N/A	24/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	47200	N/A	24/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	22,97	N/A	24/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,51	N/A	24/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,55	N/A	24/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,34	N/A	24/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,50	N/A	24/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	24/10/2017

MA-490-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	62	N/A	24/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	50600	N/A	24/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,80	N/A	24/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,30	N/A	24/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,30	N/A	24/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,34	N/A	24/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,50	N/A	24/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	24/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 8 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

MA-491-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	24,3	N/A	24/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	47230	N/A	24/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,57	N/A	24/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,76	N/A	24/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,30	N/A	24/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,34	N/A	24/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,50	N/A	24/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,20	N/A	24/10/2017

MA-492-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	112	N/A	24/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	50600	N/A	24/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	1,15	N/A	24/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,068	N/A	24/10/2017

MA-493-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	66	N/A	25/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	39200	N/A	25/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del	°C	STANDARD METHODS	22,53	N/A	25/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 9 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

agua		2550 B			
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	4,81	N/A	25/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,30	N/A	25/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,23	N/A	25/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,34	N/A	25/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	25/10/2017

MA-494-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	109	N/A	25/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	54279	N/A	25/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,77	N/A	25/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,50	N/A	25/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,55	N/A	25/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,23	N/A	25/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,34	N/A	25/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	25/10/2017

MA-495-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	69,1	N/A	25/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	46350	N/A	25/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,70	N/A	25/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,60	N/A	25/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,05	N/A	25/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,23	N/A	25/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,34	N/A	25/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 10 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,18	N/A	25/10/2017
---------------------	---	----------------	------	-----	------------

MA-496-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	301	N/A	25/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	118400	N/A	25/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	0,21	N/A	25/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,05	N/A	25/10/2017

MA-497-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	20,6	N/A	26/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	19200	N/A	26/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	29,00	N/A	26/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,37	N/A	26/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,05	N/A	26/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,35	N/A	26/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,51	N/A	26/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,26	N/A	26/10/2017

MA-498-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	67	N/A	26/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	32367	N/A	26/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del	°C	STANDARD METHODS	30,00	N/A	26/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 11 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 263-17

agua		2550 B			
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,80	N/A	26/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	552,30	N/A	26/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,35	N/A	26/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,51	N/A	26/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,26	N/A	26/10/2017

MA-499-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	58	N/A	26/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	28693	N/A	26/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	28,33	N/A	26/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	4,90	N/A	26/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	549,80	N/A	26/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,35	N/A	26/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,51	N/A	26/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,26	N/A	26/10/2017

MA-500-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	259	N/A	26/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	79600	N/A	26/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	0,54	N/A	26/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,07	N/A	26/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 12 de 13

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



**LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES**

N° SE: 263-17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 13 de 13

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Dr. Jaime Bejar
EMPRESA: Proyecto de Tesis Doctoral
DIRECCIÓN: Circunvalación 34-70 y Puruhá

INFORME N° 250- 17
N° SE: 250-17

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 al 14-Oct -2017
 16 y 17 - Oct-2017

TELÉFONO: 0983290873

FECHA DE INFORME: 25- Oct- 2017

NÚMERO DE MUESTRAS: 49

TIPO DE MUESTRA: Agua Rio Chambo

IDENTIFICACIÓN:

MA - 416 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 417 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 418 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 419 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 420 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 421 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 422 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 423 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 424 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 425 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 426 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 427 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 428 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 429 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 430 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 431 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 432 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 433 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 434 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 435 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 436 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 437 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 438 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 439 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 440 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 441 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 442 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 443 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 444 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 445 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 446 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 447 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 448 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 449 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 450 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 451 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 452 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 453 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 454 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 455 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 456 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 457 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 458 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 459 -17	DCHA	Descarga de agua residual

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA - 460 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 461 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 462 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 463 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 464 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 465 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 466 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 467 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 468 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 469 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga
MA - 470 -17	PCHA1	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del río Chibunga
MA - 471 -17	PCHA2	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 472 -17	PCHA3	En el río Chambo 190 m después de la desembocadura del río Chibunga
MA - 473 -17	PCHA4	En el río Chambo 10 m antes de la desembocadura del effluente
MA - 474 -17	PCHA5	En el río Chambo 10 m después de la desembocadura del effluente
MA - 475 -17	PCHA6	En el río Chambo 115 m después del effluente
MA - 476 -17	PCHA7	En el río Chambo bajo el puente Chambo-Riobamba
MA - 477 -17	DCHA	Descarga de agua residual
MA - 478 -17	RCHI	Desembocadura Río Chibunga

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA-416-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	12,4	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	285	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,17	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,56	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-417-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	30,9	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	767	N/A	10/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,70	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,45	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,05	N/A	10/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-418-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	27,9	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	703	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,13	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,55	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,55	N/A	10/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-419-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	25,4	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	680	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,27	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,74	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	10/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 3 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-420-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	56,7	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2480	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,27	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,29	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,80	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-421-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	45,8	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2245	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,20	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,53	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,55	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 4 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-422-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	18,0	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1448	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,70	N/A	10/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,58	N/A	10/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	556,05	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	12,79	N/A	10/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,05	N/A	10/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	10/10/2017

MA-423-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2290	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	99800	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,2	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,25	N/A	10/10/2017

MA-424-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	310	N/A	10/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	8000	N/A	10/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,1	N/A	10/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,9	N/A	10/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 5 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-425-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	11,3	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	278	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	22,72	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,08	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,80	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-426-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	28,3	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	723	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	26,33	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,02	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-427-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
------------------------	----------	----------------------	-----------	--------	-------------------

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 6 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	26,9	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	680	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,20	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,97	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,55	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-428-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	23,4	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	630	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,80	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,98	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-429-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	47,0	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2301	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,80	N/A	11/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 7 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,15	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,30	N/A	11/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-430-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	39,3	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2113	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,73	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,37	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,30	N/A	11/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

MA-431-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	18,0	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1454	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,43	N/A	11/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,42	N/A	11/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,30	N/A	11/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,20	N/A	11/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,63	N/A	11/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,75	N/A	11/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 8 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-432-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1900	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	95300	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,54	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,29	N/A	11/10/2017

MA-433-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	290	N/A	11/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	7600	N/A	11/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,81	N/A	11/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,95	N/A	11/10/2017

MA-434-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,2	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	249	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,77	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,04	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,05	N/A	12/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 9 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-435-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	18,0	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	493	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,30	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,01	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,55	N/A	12/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-436-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	17,4	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	470	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,27	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,02	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,05	N/A	12/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-437-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	16,2	N/A	12/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 10 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	385	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,30	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,04	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-438-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	34,6	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1774	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,30	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,35	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,30	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-439-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	30,5	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1670	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,87	N/A	12/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 11 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,75	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,80	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-440-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	17,5	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1279	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,50	N/A	12/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,81	N/A	12/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,05	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	24,87	N/A	12/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,64	N/A	12/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,87	N/A	12/10/2017

MA-441-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	1700	N/A	12/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	89700	N/A	12/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,15	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,35	N/A	12/10/2017

MA-442-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	215	N/A	12/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 12 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

FMC210T-01





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	5900	N/A	12/10/2017
----------------------	------------	------------------------------	------	-----	------------

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,01	N/A	12/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	1,10	N/A	12/10/2017

MA-443-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	12,4	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	249	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	22,40	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,51	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,80	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-444-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	27,7	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	710	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	24,27	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,01	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,30	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 13 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-445-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	27,0	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	665	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,00	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,01	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,55	N/A	13/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-446-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	25,0	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	615	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,10	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,02	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	13/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-447-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	49,0	N/A	13/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 14 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2414	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,10	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,77	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,30	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-448-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	40,5	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2197	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,37	N/A	13/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,18	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,80	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-449-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	18,3	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1517	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,47	N/A	13/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 15 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,17	N/A	13/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,80	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,74	N/A	13/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,23	N/A	13/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,73	N/A	13/10/2017

MA-450-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	1870	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	95410	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,67	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,28	N/A	13/10/2017

MA-451-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	275	N/A	13/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	7810	N/A	13/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,76	N/A	13/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,94	N/A	13/10/2017

MA-452-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	12,8	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	273	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del	°C	STANDARD METHODS	27,33	N/A	14/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 16 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 250-17

agua		2550 B			
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,00	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,05	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-453-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	26,5	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	679	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	26,33	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,69	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,05	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-454-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	24,1	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	611	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	24,00	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,86	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	562,05	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 17 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017
---------------------	---	----------------	------	-----	------------

MA-455-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	23,5	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	579	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	24,67	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,60	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	14/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-456-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	43,3	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2178	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	24,67	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,21	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,80	N/A	14/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-457-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	36,3	N/A	14/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 18 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2003	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	27,00	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,52	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,80	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-458-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	16,6	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1388	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,33	N/A	14/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,71	N/A	14/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	562,05	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,70	N/A	14/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	14/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,74	N/A	14/10/2017

MA-459-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	1830	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	95460	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,58	N/A	14/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,27	N/A	14/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 19 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-460-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	269	N/A	14/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	7790	N/A	14/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,74	N/A	14/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	14/10/2017

MA-461-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	13,9	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	240	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	21,60	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,19	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,30	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-462-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	20,3	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	409	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
---------------------	----------	----------------------	-----------	--------	-------------------

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 20 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	26,53	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,49	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,30	N/A	16/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-463-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	19,5	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	391	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,80	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,38	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,30	N/A	16/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-464-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	17,6	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	370	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,80	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,61	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	16/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 21 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-465-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	33,8	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1654	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,80	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,26	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,05	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-466-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	32,3	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1693	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,87	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,23	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,30	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 22 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-467-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	18,2	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1290	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,30	N/A	16/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,33	N/A	16/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,55	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	26,76	N/A	16/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,66	N/A	16/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,95	N/A	16/10/2017

MA-468-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1530	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	85200	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,42	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,37	N/A	16/10/2017

MA-469-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	198	N/A	16/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	4810	N/A	16/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,21	N/A	16/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	1,25	N/A	16/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 23 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-470-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	11,5	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	202	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	23,00	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,11	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,80	N/A	17/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-471-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	17,0	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	376	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	25,47	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,61	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	560,05	N/A	17/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-472-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	16,4	N/A	17/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 24 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	360	N/A	17/10/2017
----------------------	------------	------------------------------	-----	-----	------------

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	17,63	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,66	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	562,05	N/A	17/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-473-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	14,0	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	315	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,83	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,74	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	558,30	N/A	17/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-474-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	28,7	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1543	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,83	N/A	17/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 25 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,38	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,55	N/A	17/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-475-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	27,5	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1455	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	16,73	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,78	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	562,05	N/A	17/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

MA-476-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	15,9	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1220	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	15,73	N/A	17/10/2017
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,54	N/A	17/10/2017
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	562,30	N/A	17/10/2017
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	31,23	N/A	17/10/2017
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,74	N/A	17/10/2017
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,07	N/A	17/10/2017

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 26 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 250-17

MA-477-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1200	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	80320	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	3,75	N/A	17/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	0,41	N/A	17/10/2017

MA-478-17

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	150	N/A	17/10/2017
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	4325	N/A	17/10/2017

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,33	N/A	17/10/2017
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	1,57	N/A	17/10/2017

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 27 de 27

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Dr. Jaime Bejar

INFORME N° 011- 18

EMPRESA: Proyecto de Tesis Doctoral

N° SE: 011-18

DIRECCIÓN: Circunvalación 34-70 y Puruhá

FECHA DE RECEPCIÓN: 12- 01 -18

TELÉFONO: 0983290873

FECHA DE INFORME: 19- 01- 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 69

TIPO DE MUESTRA: Agua Subcuenca Rio Chambo

IDENTIFICACIÓN:

MA - 061 -18	CH-OZO1
MA - 062 -18	CH-OZO2
MA - 063 -18	CH-OZO3
MA - 064 -18	CH-OZO4
MA - 065 -18	CH-OZO5
MA - 066 -18	CH-OZO-Rio
MA - 067 -18	CH-YA1
MA - 068 -18	CH-YA2
MA - 069 -18	CH-YA3
MA - 070 -18	CH-YA4
MA - 071 -18	CH-YA5
MA - 072 -18	CH-YA6
MA - 073 -18	CH-YA7
MA - 074 -18	CH-YA8
MA - 075 -18	CH-YA9
MA - 076 -18	CH-YA10
MA - 077 -18	CH-YA-Rio
MA - 078 -18	CH-CB1
MA - 079 -18	CH-CB2
MA - 080 -18	CH-CB3
MA - 081 -18	CH-CB4
MA - 082 -18	CH-CB5
MA - 083 -18	CH-CB-Rio
MA - 084 -18	CH-GU1
MA - 085 -18	CH-GU2
MA - 086 -18	CH-GU3
MA - 087 -18	CH-GU4
MA - 088 -18	CH-GU5
MA - 089 -18	CH-GU6
MA - 090 -18	CH-GU-Rio
MA - 091 -18	CH-AL1
MA - 092 -18	CH-AL2
MA - 093 -18	CH-AL3
MA - 094 -18	CH-AL4
MA - 095 -18	CH-AL5
MA - 096 -18	CH-AL6
MA - 097 -18	CH-AL7
MA - 098 -18	CH-AL-Rio
MA - 099 -18	CH-CHI1
MA - 100 -18	CH-CHI2
MA - 101 -18	CH-CHI3
MA - 102 -18	CH-CHI4
MA - 103 -18	CH-CHI-Rio
MA - 104 -18	CH-DE1
MA - 105 -18	CH-DE2
MA - 106 -18	CH-DE3
MA - 107 -18	CH-DE4

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA - 108 -18	CH-DE5
MA - 109 - 18	CH-DE
MA - 110 -18	CH-GN1
MA - 111 -18	CH-GN2
MA - 112 -18	CH-GN3
MA - 113 -18	CH-GN4
MA - 114 -18	CH-GN5
MA - 115 -18	CH-GN6
MA - 116 -18	CH-GN7
MA - 117 - 18	CH-GN-Rio
MA - 118 -18	CH-BL1
MA - 119 -18	CH-BL2
MA - 120 -18	CH-BL3
MA - 121 -18	CH-BL4
MA - 122 -18	CH-BL5
MA - 123 -18	CH-BL6
MA - 124 -18	CH-BL7
MA - 125 -18	CH-BL8
MA - 126 -18	CH-BL-Rio
MA - 127 -18	CH-PL1
MA - 128 -18	CH-PL2
MA - 129 -18	CH-PL3
MA - 130 -18	CH-PL4
MA - 131 -18	CH-PL5
MA - 132 -18	CH-PL-Rio
MA - 133 -18	CH-QG1
MA - 134 -18	CH-QG2
MA - 135 -18	CH-QG3
MA - 136 -18	CH-QG4
MA - 137 -18	CH-QG5
MA - 138 -18	CH-QG6
MA - 139 -18	CH-QG7
MA - 140-18	CH-QG-Q

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA-061-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	31	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,70	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,31	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	510,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas	N/A	METODO INTERNO	X= 768570	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

UTM			Y= 9765739		
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	7,97	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,90	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

MA-062-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	33	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,70	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,37	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	510,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 768561 Y= 9765773	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	7,97	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,90	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

MA-063-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	44	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,70	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,18	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	510,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X=768547 Y= 9765773	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	7,97	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 3 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,90	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

MA-064-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	35	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,70	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,09	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	510,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 768518 Y= 9765837	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	7,97	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,90	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

MA-065-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	27	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,80	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,06	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	510,48	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767920 Y= 9766457	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	7,97	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,90	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 4 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-066-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3,10	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	23	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,16	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	3,53	N/A	12/01/2018

MA-067-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	27	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,65	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,14	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	512,70	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767447 Y= 9767599	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-068-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	38	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,65	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 5 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,36	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	512,70	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767444 Y= 9767620	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-069-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	35	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,65	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,42	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	512,70	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767441 Y= 9767640	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-070-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	32	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,65	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,32	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	512,70	N/A	12/01/2018
* Coordenadas	N/A	METODO INTERNO	X= 767439	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 6 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

UTM			Y= 9767709		
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-071-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	35	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,75	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,29	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	512,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767538 Y= 9768569	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-072-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	31	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,75	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,31	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	516,03	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 765537 Y= 9772370	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 7 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-073-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	36	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,75	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,41	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	522,54	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 763506 Y= 9776378	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-074-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	36	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,75	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,50	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	528,51	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 763070 Y= 9780905	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 8 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-075-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	29	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,75	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,47	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	533,33	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 762558 Y= 9785394	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

MA-076-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	26	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	12,80	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,39	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	533,94	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 762212 Y= 9789738	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	11,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,89	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,68	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 9 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-077-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	34	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,05	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	3,92	N/A	12/01/2018

MA-078-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	43	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,60	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,12	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,74	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 763914 Y= 9792171	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,45	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018

MA-079-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	57	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,60	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 10 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,49	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,74	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 763933 Y= 9792181	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,45	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018

MA-080-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	49	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,60	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,42	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,74	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 763946 Y= 9792196	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	15,45	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018

MA-081-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	41	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,60	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,27	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,74	N/A	12/01/2018
* Coordenadas	N/A	METODO INTERNO	X= 763997	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 11 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

UTM			Y= 9792245		
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,45	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018

MA-082-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,4	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	39	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,60	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,19	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,74	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 764634 Y= 9792789	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	15,45	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,76	N/A	12/01/2018

MA-083-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3,30	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	24	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,09	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	2,50	N/A	12/01/2018

MA-084-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	250	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 12 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,45	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,90	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766124 Y= 9793391	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-085-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	650	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,45	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,30	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766144 Y= 9793396	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-086-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,6	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	596	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,45	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 13 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,52	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766161 Y= 9793405	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-087-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	580	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,45	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,41	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766225 Y= 9793436	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-088-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	515	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,45	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,37	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	540,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas	N/A	METODO INTERNO	X= 766262	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 14 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

UTM			Y= 9794159		
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-089-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	474	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,53	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,22	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,30	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766596 Y= 9795686	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	17,95	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,65	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,86	N/A	12/01/2018

MA-090-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,40	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1400	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,78	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	4,56	N/A	12/01/2018

MA-091-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS	315	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 15 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

9221 - C					
PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,87	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767194 Y= 9797558	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-092-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	332	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,45	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767190 Y= 9797577	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-093-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	338	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del	°C	STANDARD METHODS	14,10	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 16 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

agua		2550 B			
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,82	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767180 Y= 9797595	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-094-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	5,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	321	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,69	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,41	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767148 Y= 9797657	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-095-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	310	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,61	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	542,41	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 17 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767072 Y= 9798528	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-096-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,7	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	298	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,25	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,48	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	547,43	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 768527 Y= 9802139	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

MA-097-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,6	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	268	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	14,31	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	7,41	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	553,75	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766164 Y= 9805890	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	22,47	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,74	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,78	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 18 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-098-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,10	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	100	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,93	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	5,35	N/A	12/01/2018

MA-099-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	6,7	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	970	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,03	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,30	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,14	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 764963 Y= 9809892	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	27,63	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,97	N/A	12/01/2018

MA-100-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	7,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1063	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,03	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 19 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,36	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,14	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 765102 Y= 9810088	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	27,63	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,97	N/A	12/01/2018

MA-101-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	7,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1137	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,03	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,49	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,14	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 765288 Y= 9810132	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	27,63	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,97	N/A	12/01/2018

MA-102-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	6,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	915	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,03	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,78	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,14	N/A	12/01/2018
* Coordenadas	N/A	METODO INTERNO	X= 765340	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 20 de 37

L. S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 011-18

UTM			Y= 9810219		
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	27,63	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,97	N/A	12/01/2018

MA-103-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	12,62	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	379	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,90	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	1,15	N/A	12/01/2018

MA-104-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,7	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1150	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,10	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,18	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 765560 Y= 9810351	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	28,76	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,01	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,99	N/A	12/01/2018

MA-105-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	35,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2520	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 21 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 011-18

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,78	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,18	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 765567 Y= 9810369	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	28,76	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,01	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,99	N/A	12/01/2018

MA-106-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	26,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2514	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,30	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	559,18	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766292 Y= 9811774	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	28,76	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,01	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,99	N/A	12/01/2018

MA-107-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	23,6	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2323	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,10	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 22 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,48	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,48	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 766078 Y= 9813657	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	28,76	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,01	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,99	N/A	12/01/2018

MA-108-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	19,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	2063	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	18,10	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,51	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	561,48	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 767792 Y= 9814419	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	28,76	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	1,01	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	0,99	N/A	12/01/2018

MA-109-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	1430	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	85420	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	2,87	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	0,45	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 23 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-110-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	11,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1520	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,21	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	568,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 769562 Y= 9817911	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-111-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	13,4	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1774	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,34	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	568,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 769573 Y= 9817929	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 24 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-112-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	14,0	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1805	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,38	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	568,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 769585 Y= 9817945	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-113-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	14,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1701	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,39	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	568,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 769627 Y= 9818003	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-114-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	13,4	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 25 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1611	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,60	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	568,77	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 770284 Y= 9818602	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-115-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	13,6	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1421	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	19,19	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,82	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	570,58	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 771754 Y= 9819856	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-116-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	12,3	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	1395	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 26 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,01	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,80	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	572,97	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 771992 Y= 9821864	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	29,05	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,93	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,00	N/A	12/01/2018

MA-117-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	40,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	530	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	5,74	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	1,79	N/A	12/01/2018

MA-118-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	378	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,05	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,35	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	573,00	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 772896 Y= 9823771	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 27 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-119-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	11,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	470	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,05	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,72	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	573,00	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 772899 Y= 9823792	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-120-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,7	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	410	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,05	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,56	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	573,00	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 772901 Y= 9823812	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 28 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-121-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	390	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,05	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,42	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	573,00	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 772909 Y= 9823883	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-122-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	317	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,05	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,62	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	573,00	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 773777 Y= 9823846	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-123-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	10,9	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 29 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	298	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,65	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	574,64	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 774258 Y= 9825339	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-124-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,4	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	275	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,70	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,05	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 774490 Y= 9827389	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-125-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	268	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 30 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,84	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,32	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 773676 Y= 9829006	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	30,93	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,96	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,06	N/A	12/01/2018

MA-126-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	13,8	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	287	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,10	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	6,78	N/A	12/01/2018

MA-127-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,8	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	430	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,05	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,32	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776173 Y= 9831951	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	37,84	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,61	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,30	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 31 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-128-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	8,4	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	570	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,60	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,32	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776169 Y= 9831972	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	37,84	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,61	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,30	N/A	12/01/2018

MA-129-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	8,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	530	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,68	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,32	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776160 Y= 9831989	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	37,84	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,61	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,30	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 32 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-130-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	8,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	512	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,73	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	577,32	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776132 Y= 9832053	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	37,84	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,61	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,30	N/A	12/01/2018

MA-131-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	7,8	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	498	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,12	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,86	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	578,94	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 775847 Y= 9832905	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	37,84	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,61	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,30	N/A	12/01/2018

MA-132-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3,4	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 33 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	700	N/A	12/01/2018
----------------------	------------	------------------------------	-----	-----	------------

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,71	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	16,64	N/A	12/01/2018

MA-133-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,2	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	715	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,13	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	578,34	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776171 Y= 9834394	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-134-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,5	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	794	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,42	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	578,34	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776181 Y= 9834410	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 34 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-135-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,9	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	763	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,53	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	578,34	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776197 Y= 9834424	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-136-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,6	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	731	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,71	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	578,34	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776251 Y= 9834470	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizadas(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 35 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

MA-137-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10,4	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	692	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,78	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	580,03	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776829 Y= 9835108	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-138-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	9,1	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	673	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,14	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,87	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	576,66	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 776969 Y= 9837062	N/A	12/01/2018
* Caudal	m3/s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-139-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	7,6	N/A	12/01/2018

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 36 de 37

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 011-18

		5210 - B			
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	520	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Temperatura del agua	°C	STANDARD METHODS 2550 B	20,17	N/A	12/01/2018
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,87	N/A	12/01/2018
* Presión Atmosférica	mm Hg	METODO INTERNO	606,51	N/A	12/01/2018
* Coordenadas UTM	N/A	METODO INTERNO	X= 781214 Y= 9844651	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	54,37	N/A	12/01/2018
* Velocidad media	m/s	METODO INTERNO	0,55	N/A	12/01/2018
* Profundidad media	m	METODO INTERNO	1,87	N/A	12/01/2018

MA-140-18

PARÁMETROS LABORATORIO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4,30	N/A	12/01/2018
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	521	N/A	12/01/2018

PARÁMETROS DE CAMPO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 4500-O-G mod	6,42	N/A	12/01/2018
* Caudal	m ³ /s	METODO INTERNO	2,26	N/A	12/01/2018

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DEL RÍO CHAMBO Y SUS PRINCIPALES CARGAS CONTAMINANTES



Figura 38. Río Chambo antes de la confluencia con el río Chibunga.



Figura 39. Río Chibunga antes de la desembocadura en el río Chambo.



Figura 40. Toma de muestra de agua en el río Chibunga.

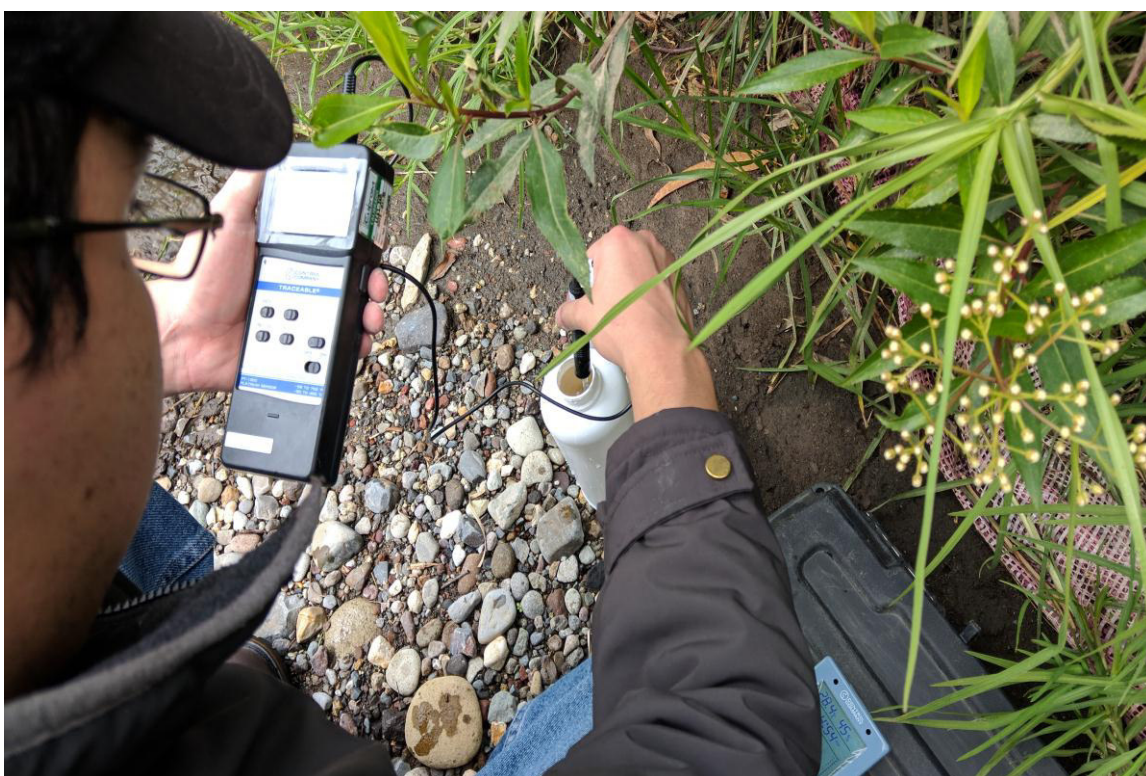


Figura 41. Medición de la temperatura del agua.



Figura 42. Descarga directa de aguas servidas de Riobamba al río Chambo



Figura 43. Río Chambo luego de recibir las aguas del río Chibuga y de la descarga de la ciudad de Riobamba, bajo el Puente Chambo-Riobamba.



Figura 44. Pequeños afluentes contaminados que se van descargando a lo largo del río Chambo.

ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema: MODELIZACIÓN MATEMÁTICA PARA DETERMINAR LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DEL RÍO CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO - ECUADOR

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿La modelación matemática del índice <i>ICOMO</i> permitirá determinar el nivel de contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo – Ecuador?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>1. ¿De qué manera se integran en el índice <i>ICOMO</i> los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y el oxígeno disuelto?</p> <p>2. ¿Cuál es la valoración de la contaminación orgánica en el Río Chambo predicha por la modelización matemática?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Establecer la modelización matemática del índice <i>ICOMO</i> para determinar el nivel de la contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo - Ecuador.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>1. Establecer la integración de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes y el porcentaje de saturación de oxígeno, como parte integral de la modelización matemática sobre el nivel de contaminación del río Chambo.</p> <p>2. Valorar la contaminación por materia orgánica en el río Chambo mediante la modelización matemática.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La modelización matemática del <i>ICOMO</i> permite determinar el nivel de contaminación orgánica en el río Chambo, Provincia de Chimborazo - Ecuador.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>1. Los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales oxígeno disuelto se integran a través de una expresión matemática.</p> <p>2. La contaminación orgánica en el río Chambo es obtenida a partir de la modelización matemática.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Modelización matemática</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Contaminación orgánica del río Chambo</p>	<p>TIPO Y DISEÑO:</p> <p>Tipo de investigación: aplicada y correlacional. Es correlacional debido a que en esta investigación se busca encontrar la relación entre variables, ofrecer estimaciones teóricas y cuantificar las relaciones entre variables. En cuanto al diseño se trata de una investigación experimental.</p> <p>POBLACIÓN: está constituida por todo el lecho del río Chambo que cubre una longitud de 102 931 m.</p> <p>MUESTRA: constituida por 69 muestras tomadas a lo largo del río y además por una sub muestra constituida por 49 unidades en un tramo del río Chambo.</p>